Redes inteligentes Benchmarking ¹Latinoamérica

Tesis de Maestría

Carolina Toro 9/2/2016

¹ **BENCHMARKING** es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes en la industria. (David T. Kearns)

Agradecimientos

Este trabajo no es solo el resultado académico que resumen estas páginas, es mí homenaje a toda una experiencia que me cambió la vida. Gracias eternamente Argentina y con ello a todos los hermosos seres que compartieron junto a mí el camino, eternamente en mi corazón y en mi alma este país del sur, su gente hermosa y abierta tendrán mi gratitud y cariño.

Papá, Mamá, Hermana y familia, gracias por soportar mi vuelo, por alentarme desde la distancia, por el sacrificio de abrazarnos todos estos años desde lejos. Gracias eternas por ser mi motor, mi ejemplo y mi refugio.

Gracias esposo mío, tu eres mi presente, lo mejor de mi pasado y el anhelo del futuro. Gracias por agarrarme de la mano y elegir caminar a mi lado, por creer en mí, en nosotros. Gracias siempre por haberle dicho sí a esta realidad.

Finalmente gracias a mi director de tesis el Ingeniero Daniel Muguerza por compartir a lo largo de este trabajo toda su experiencia, su generosidad y su paciencia conmigo.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE FIGURAS	4
CUADRO DE TABLAS	5
TABLA DE GRÁFICOS	5
I. CAPÍTULO	6
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
Las Nuevas Redes Eléctricas	8
II. CAPÍTULO	10
3. OBJETIVOS	10
3.1 Objetivo General:	
3.2 Objetivos Específicos:	11
4. MARCO TEÓRICO Y MARCO REFERENCIAL	11
4.1 ¿Que esperamos de las smart grids?	
4.1.1 Smart metering:	
4.1.2 Domótica:	
4.1.3 Vehículo eléctrico:	
4.1.4 Calidad de energía eléctrica:	
4.1.5 Generación distribuida:	18
4.2 Qué y quienes influencian la expansión de las smart grids	21
4.2.1 Medio ambiente:	
4.2.2 Independencia energética:	
4.2.3 Precio creciente de la energía:	
4.2.4 Confiabilidad de Suministro: 4.2.5 Infraestructura moderna:	
4.3 Stakeholders	
4.3.1 Usuarios finales: 4.3.2 Generadores:	
4.3.3 Empresas de servicios de energéticos:	
4.3.4 Operadores del sistema de transmisión:	
4.3.5 Operadores de los sistemas de distribución:	
4.3.6 Instituciones de normalización:	
4.3.7 Reguladores:	
4.3.8 Proveedores de equipamiento:	32
4.4 Teoría del desarrollo sustentable	32
Desarrollo sustentable en el sector eléctrico	
4.5 ¿Qué son las redes inteligentes de energía?	35
4.6 Las Smart grids en el mundo y su implementación	36

	4.6.1 Isla de Jeju	36
	4.6.2 Ciudades inteligentes en el mundo	38
	4.7 Las Smart grids en América Latina y su implementación	40
5.	METODOLOGÍA Y RESULTADOS	42
	5.1 BENCHMARKING DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS SMART GRID EN LATINOAMÉRICA	43
	5.2 MODELO DE ROADMAP PROPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS SMART GRIDA LATINOAMÉRICA	80
	5.2.1 Componentes del modelo	80
	5.3 COLOMBIA, BRASIL Y ARGENTINA UN BENCHMARKING SOBRE EL ESTADO DEL ARTE:	93
II	II. CAPÍTULO	. 101
6.	. CONCLUSIONES	. 101
7.	RECOMENDACIONES	. 103
8.	BIBLIOGRAFÍA	. 107

TABLA DE FIGURAS

Figura 1-Smart Metering Infrastructure levels	12
Figura 2-Comunicación HAN y WAN	13
Figura 3-Usos finales de la energía U.S. 2008	14
Figura 4- Vehículo Eléctrico Híbrido	15
Figura 5- Vehículo completamente eléctrico	1 <i>6</i>
Figura 6- Gramos de Co2 por Km recorrido de cada vehículo	16
Figura 7- Consumos de Energías Finales por sector en España, año 2011	17
Figura 8- Esquema Sistema Eléctrico - Generación Distribuida	19
Figura 9- El gas natural en todo el mundo	22
Figura 10- Calidad vs Conformidad. Los costos de la calidad para los consumidores y la utilidad	d se
suman para obtener el costo total de la calidad	27
Figura 11- Curva de carga con vehículos eléctricos. Curva de carga pronosticada para el sisten	าล
español de una penetración de un millón de vehículos eléctricos de 2014. Con 8 horas de meno	or
actividad de recarga	
Figura 12- Esquema de desarrollo sustentable	
Figura 13- Estructura Colombia Inteligente	
Figura 14- Mapa de Ruta Smart grids Colombia	
Figura 15- Fases de desarrollo de las Smart grids en Colombia	
Figura 16- Tendencias en Colombia hacia las Energías renovables	
Figura 17- Matriz energética colombiana año 2012	
Figura 18- Zonas Interconectadas y Zonas no Interconectadas de Colombia	
Figura 19- Panorama energético en Colombia 2012 vs 2018	
Figura 20- Modelo teórico de la calidad de servicio en sistemas eléctricos	
Figura 21- Road Map Smart grids Brasil	
Figura 22- Generación de Energía Eléctrica en Brasil	
Figura 23- Potencial eólico en Brasil	
Figura 24- Usinas de biomasa e operación en Brasil a Noviembre de 2008	
Figura 25- Recurso base geotermal para Brasil	
Figura 26- Propuesta de modelo de entrada del vehículo eléctrico en Brasil	
Figura 27- Posibles escenarios de penetración del Smart Metering en Brasil	
Figura 28- Proyecto piloto Smart grids-Localidad de Armstrong, Provincia de Santa Fe	71
Figura 29- Distribución de la potencia eólica instalada en Argentina	
Figura 30- Proyecto piloto de Smart metering- Cooperativa de Trenquelaunquen	
Figura 31- Las SG pueden vincular los sistemas eléctricos con los objetivos de los stakeholders	380
Figura 32- Crecimiento global en el consumo de energía entre 2007- 2050	
Figura 33- Porción de generación con fuentes de energía no convencionales por región	
Figura 34- Despliegue de los VE y PHVE en el mundo	
Figura 35- Áreas tecnológicas de las SG.	
Figura 36- Ejemplo de desarrollo de electrificación rural usando el concepto SG	
Figura 37- Mercados eléctricos verticalmente integrados y desagregados	
Figura 38- Integración de los stakeholders en el proceso de implementación de las SG	89

CUADRO DE TABLAS	
Tabla 1- Tecnologías D.E.R	20
Tabla 2- Dominios de las Smart grids- Isla Jejú	
Tabla 3- Potencia solar en Colombia 2014	49
Tabla 4- Potencial Eólico en Colombia 2014	50
Tabla 5- Proyectos fotovoltaicos en Brasil	62
Tabla 6- Distribución de la potencia eólica en Argentina, año 2012	73
Tabla 7- Indicadores. Limites admisibles en los indices de continuidad de servicio	80
Tabla 8- Foco de los sectores involucrados en los sistemas eléctricos para la implementación de	Э
las SG	92
TABLA DE GRÁFICOS	
Gráfico 1- Definición de un Mapa de Ruta para SG en CO,BR y AR	94
Gráfico 2- Estudios de viabilidad para SG hechos por CO,BR y AR	94
Gráfico 3- Vigencia de un marco regulatorio que contemple las SG en CO,BR y AR	
Gráfico 4- Número de proyectos pilotos de energías renovables en CO,BR y AR	96
Gráfico 5- Vigencia de políticas de incentivos para la inserción del VE en CO, BR y AR	98
Gráfico 6- ¿Cuál es la motivación para la implementación de las tecnologías referentes a SG en	1
CO, BR y AR?	99
Gráfico 7- Régimen de penalidades por el incumplimiento de los indicadores de calidad de energ	gía
en CO, BR y AR	. 100

I. CAPÍTULO

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las redes eléctricas se han desarrollado en los últimos 100 años con el fin de suministrar energía eléctrica a los consumidores, y en todo este tiempo la filosofía de construcción no ha variado de forma sustancial. Los avances han venido fundamentalmente por la automatización de la red de transporte, donde un número relativamente pequeño de elementos se ha monitorizado y controlado, permitiendo una importante mejora en la fiabilidad y calidad de servicio.

Adicionalmente, casi todos los generadores están supervisados y controlados desde los centros de control de las compañías. Todo esto fue posible gracias a la ayuda de una simple, pero robusta red de comunicaciones. Los avances en la red de transporte vinieron en los años 70 y 80, y las compañías energéticas esperaban un desarrollo paralelo de las redes de distribución en los años siguientes, pero desgraciadamente, las dificultades asociadas al gran número de elementos, comparados con la red de transporte, y el escaso retorno de las inversiones, resultó en un tímido incremento de la automatización.

Por otro lado, la sospecha en los últimos años de que el cambio climático ha sido causado por la acción del hombre, no sólo se ha confirmado, sino que la mayor parte de los científicos a nivel mundial creen que es imprescindible cambiar de forma inmediata y radical el comportamiento humano para reducir el impacto de nuestras acciones sobre la tierra y evitar el mayor cambio de la biosfera que se puede producir en los próximos siglos. Para ellos es necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (medidos en términos equivalentes de dióxido de carbono (CO2)) de forma radical. Esto implica, entre otros aspectos, la disminución del uso de combustibles fósiles.

Para alcanzar estas metas, deben contribuir de forma decidida todos los *stakeholders*². Uno de los aspectos fundamentales que debe ser implantado es una nueva red eléctrica, diferente a la actual, que tiene una serie de restricciones que la hacen incompatible con las necesidades del futuro.

Con todo, cualquier previsión de desarrollo para el futuro del sector eléctrico, exige introducir nuevas tecnologías en las redes eléctricas, con nuevos servicios no requeridos hasta el momento. Para definir esta red del futuro, el término más utilizado en el sector es el de smart grids (Redes inteligentes).

Teniendo en cuenta que las redes inteligentes serán imprescindibles para cumplir con las exigencias que precisan los sistemas eléctricos del futuro, esta tesis revisa las nuevas necesidades, considerando:

 Las oportunidades y desafíos que tienen que ser afrontados por todos los stakeholders; considerando las plantas generadoras tradicionales, el operador de la

6

² **Stakeholder** es un término inglés utilizado por primera vez por R. E. Freeman en su obra: "Strategic Management: A Stakeholder Approach" (Pitman, 1984), para referirse a «quienes pueden afectar o son afectados por las actividades de una empresa». En el contexto de este documento se refiere a quienes tienen interés legítimo.

red de transporte (TSO), los operadores de las redes de distribución (DSO), comercializadores, consumidores y organismos regulatorios, así como otros nuevos involucrados en el sector, tales como organismos de I+D+i, compañías de servicios energéticos, suministradores de equipos, *prosumers* (consumidores que son también productores), etc.

- Los nuevos servicios de red esperados para conseguir los objetivos, así como la implantación de nueva tecnología asociada a dichos servicios. Son analizados conceptos y tecnologías como domótica, contadores inteligentes, generación distribuida y calidad de servicio.
- El estado del arte actual el que será analizado mediante el análisis de la información disponible y de carácter público contenida en las diferentes plataformas del sector eléctrico que están actualmente trabajando en el desarrollo de las Redes inteligentes.

2. JUSTIFICACIÓN

La electricidad es un producto crucial para el desarrollo de la sociedad. Todas las partes involucradas, son influidas positiva o negativamente por la forma en la que es producida la energía que consumen. Las tres etapas que contienen la cadena de abastecimiento de electricidad; generación, transporte y distribución, determinan precio, calidad y otros índices más difíciles de cuantificar como las externalidades tales como los efectos sobre el medio ambiente. Para cualquier país es estratégicamente importante tener una prestación de electricidad fiable y segura en su generación, transmisión y uso.

La energía es el motor de la producción de bienes y servicios en todos los sectores económicos: agricultura, industria (minería, manufactura), transporte, comercio, administración pública, etc. Y es igualmente fundamental para la prestación de servicios sociales básicos (atención de salud, agua no contaminada, saneamiento, etc.), la mejora del acceso a la enseñanza y, en última instancia, el aumento de los ingresos. La falta de energía es uno de los factores que contribuyen a la pobreza perpetua de individuos, comunidades, naciones y regiones. En cambio, el acceso a la energía brinda acceso a nuevas oportunidades.

Asimismo los avances en el suministro de electricidad permiten a las sociedades avanzar socialmente, permitiéndolas acceder a una mejor calidad de vida. El uso de acondicionadores para mantener los hogares cálidos durante los periodos de invierno y frescos en verano, refrigeradores para conservar los alimentos o acceder a más información a través de la televisión, el Internet y la radio son buen ejemplo de cómo ha cambiado la electricidad nuestro mundo.

Por todas estas razones la electricidad proporcionada de manera segura es una necesidad fisiológica, por lo que debería ser considerada como un derecho fundamental y no como un servicio.

Los cambios mundiales han tenido lugar en el sector de la energía en las últimas décadas. En el pasado, el esquema tradicional de suministro de energía eléctrica consistía en empresas de servicios públicos integradas verticalmente. Donde las empresas son responsables de todas las partes de la cadena de suministro de energía, satisfaciendo a los consumidores con su demanda. Hoy en día, la mayoría de los países desarrollados tienen liberalizado su sector energético a través de un proceso conocido como la desregulación. La clave de los pasos de este proceso ha sido:

- La desagregación de las actividades. La separación de las actividades competitivas, generación y la venta al por menor, de las actividades reguladas, transporte y distribución
- Apertura a la entrada en los mercados mayoristas. El acceso abierto a la red de transmisión.
- Organización de los mercados mayoristas, donde los generadores compiten.
- El libre acceso al mercado minorista, donde los consumidores pueden elegir libremente.

Además de lo anterior, la inclusión de la generación distribuida (GD) a partir de fuentes de energía renovables ha aportado grandes cambios al sector de la energía.

La GD renovable brinda beneficios adicionales que pueden constituir fundamentos válidos para que los países la promuevan. A continuación se describen los beneficios adicionales:

- Reducción de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO2). Las tecnologías de generación distribuida renovable eliminan las emisiones de GEI. No obstante, sólo las ER económicamente viables lo logran al mismo tiempo que reducen los costos de la electricidad.
- Reducción de las externalidades sociales y ambientales locales. La generación distribuida renovable evita la emisión de sustancias que contaminan el aire y el medio ambiente local. También plantea menos problemas de ubicación, incluso en comparación con las centrales de energía renovable a gran escala que requieren el desplazamiento de individuos, como las grandes centrales hidroeléctricas.
- Aumento de la seguridad energética. Aumentar el porcentaje de generación que depende de fuentes primarias de ER disponible a nivel interno reduce la dependencia con respecto a los combustibles fósiles importados e incrementa la resistencia del sistema energético a los choques externos.
- Reducción de pérdidas del sistema y de capacidad innecesaria. Dado que la GD renovable está ubicada en las cargas que reciben el suministro (o cerca de ellas), evita todas o la mayor parte de las pérdidas incurridas en la red. Por otra parte, la GD renovable puede dar respuesta a la demanda proyectada de manera más incremental y menos irregular que las centrales convencionales a gran escala que necesitan ser construidas en un bloque, y dejar pasar algún tiempo hasta que puedan ser utilizadas en su totalidad.

La idea es simple: un mercado competitivo conduciría a una mayor eficiencia, lo que a su a su vez conduciría a precios más bajos, y de esta manera ya que la electricidad es una necesidad básica, a las ganancias de la sociedad en su conjunto.

Las Nuevas Redes Eléctricas

Para lograr estos objetivos, los cambios más importantes deben ser tomados por todos los interesados. Uno de los aspectos fundamentales que deben cambiar es la implementación de una nueva red eléctrica diferente de la que tenemos hoy en día, que tiene una serie de limitaciones que hacen que sea incompatible con las necesidades futuras.

Los principales desafíos de las nuevas redes eléctricas, según la SDD (Strategy Deployment Document), documento sobre las redes inteligentes en la UE, que harán mejorar la eficiencia del uso de la energía y la reducción del consumo del Carbono entre el

2020 y el 2050, así como la reducción de la dependencia con los sistemas de distribución de energía y la seguridad de las líneas son:

- Asegurar que exista suficiente capacidad de transmisión para interconectar las fuentes de energía, especialmente las renovables.
- Desarrollar conexiones eficientes para el máximo aprovechamiento de las energías renovables.
- Desarrollar arquitecturas descentralizadas, habilitando sistemas de suministro de energía de menor magnitud para operar de manera armoniosa con el sistema completo.
- Crear la infraestructura de comunicación necesaria para lograr la operación de las distintas partes y su manejo en un único mercado.
- Permitir que los consumidores con o sin sus propios generadores, sean capaces de jugar una rol activo en la operación del sistema.
- Permitir la generación, demanda y uso de energía inteligente.
- Utilizar los beneficios del almacenamiento de la energía.
- Preparar el camino para el uso de vehículos eléctricos, acomodando todas las necesidades de los consumidores.

En función a lo anterior, las nuevas redes de energía deberán entonces cumplir con las siguientes funciones:

Auto sanación:

El manejo de la información en tiempo real, permitiendo la utilización de sensores y controles que permitan detectar y anticipar la caída de alguna parte del sistema, esto ayudará a evitar el colapso de los mismos, ya sea reduciendo la carga o redireccionándola.

Motivar a los consumidores a participar activamente en la operación de las redes:

Las redes inteligentes son un intento por cambiar las costumbres de los usuarios en su consumo, o bien disminuyendo su consumo durante los momentos de pico de uso o bien, pagando los altos precios que implica el privilegio de utilizar la energía en esos periodos de tiempo.

Este sistema ofrece a los consumidores las herramientas necesarias (equipos, informe sobre el comportamiento de la red, operaciones y comunicación). Esto permite que los mismos tengan un mejor control de sus aplicaciones o sistemas inteligentes en los hogares y negocios, interconectando los sistemas de manejo eficiente de energía. Las capacidades avanzadas del sistema, equipan al usuario final con las herramientas para explotar los precios de la electricidad en tiempo real.

Esta comunicación de dos sentidos, compensa los esfuerzos del usuario final de ahorro y venta de energía a través de los medidores, habilitando la generación distribuida.

Proporcionar una mayor calidad en la provisión de energía:

La integración de fuentes de distribución a baja escala, permitirá a las casas, comercios e industrias autogenerar y comercializar el exceso de energía a la red local teniendo en

cuenta ciertas barreras técnicas y regulatorias. Esto mejorará enormemente la calidad y confiabilidad del sistema, reduciendo los costos de la electricidad y ofreciendo mayores opciones a los consumidores.

Volver el mercado eléctrico más competitivo:

La distribución inteligente de las redes permitirá que pequeños productores puedan generar y vender localmente utilizando recursos de generación alternativos como paneles solares, etc.

Las necesidades de esta nueva red deben tener en cuenta las oportunidades y desafíos enfrentados por todos los interesados. La introducción de la comunicación de dos vías, mayor eficiencia, la generación a partir de nuevas tecnologías, así como sistemas de almacenamiento de energía entre otros, son algunas de las necesidades y los beneficios previsibles que vienen y que fueron previamente mencionados en este documento. De esta manera, además de los generadores tradicionales, los gestores de redes de transporte (TSO), operadores de los sistemas de distribución (DSO), comercializadores, consumidores y autoridades; nuevos actores están entrando al sector. Estos comprenden las instituciones de investigación y desarrollo (I + D), Empresas de Servicios de Energía (ESCo's), vendedores de equipos, OEM (Original Equipment Manufacturer).

Sin embargo, la dificultad para alcanzar esta situación ideal tiene una serie de problemas que son los que constituyen barreras para el despliegue masivo de nuevas redes.

Uno de los problemas es la falta de una tecnología desarrollada, parcialmente debido a no tener normas consolidadas. Otro problema está relacionado con la falta de adopción de un esquema común: diferentes enfoques adoptados por distintos países. El resultado es la falta de nuevos servicios que podrían ser responsables de la justificación económica de las nuevas inversiones.

II. CAPÍTULO

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

 Definir el estado del arte actual de la red eléctrica en Colombia, Brasil y Argentina, evaluado cinco aspectos fundamentales de las smart grids: regulación, medición inteligente, vehículos eléctricos, diversificación de la matriz energética y calidad de energía, en cada uno de estos países, haciendo uso de las plataformas con las que cuentan los organismos del sector eléctrico vinculados al proceso de incorporación de las redes inteligentes en los sistemas de redes eléctricas actuales.

3.2 Objetivos Específicos:

- Relevar y analizar la información contenida en las plataformas dispuestas por cada país para desarrollar el planeamiento de las redes inteligentes en cada contexto. En el caso de Colombia la fuente principal de información será el portal Colombia Inteligente y los documentos generados en los foros anuales que lleva a cabo la compañía líder de mercado eléctrico XM, filial de ISA (Interconexión Eléctrica S.A.). Para Brasil, este trabajo considerará el mapa de ruta para redes inteligentes, aprobado por ANEEL (Agencia Nacional de Energía Eléctrica). Y en Argentina se contemplará la información dispuesta por la Secretaría de Energía y el Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios, en sus respectivos portales como resultado de jornadas de intercambio.
- Determinar los requisitos que deben cumplir las redes eléctricas del futuro, planteando un mapa de ruta unificado en relación al proceso de incorporación de las smart grids en el contexto Latinoamericano.
- Definir las oportunidades y desafíos que deben ser afrontados por los stakeholders de Colombia, Brasil y Argentina, para incorporar en las redes eléctricas ya existentes, las nuevas tecnologías que definen una red inteligente.
- Analizar cada uno de los motores que han llevado al sector eléctrico a ir hacia un nuevo horizonte tecnológico.
- Establecer cuáles son los stakeholders involucrados en este proceso de actualización de las redes eléctricas y definir el nivel de incidencia de cada uno de ellos en la evolución de las redes inteligentes.

4. MARCO TEÓRICO Y MARCO REFERENCIAL

4.1 ¿Que esperamos de las smart grids?

4.1.1 Smart metering³:

El contador se representa como la interfaz entre el sistema del usuario, que es el consumidor- productor distribuido de energía, y la red eléctrica. A partir de esta relación y con la tecnología electrónica actual aparece el concepto denominado "smart metering".

La medición inteligente se ha convertido en un tema de la máxima actualidad y de importancia creciente; ya se aplica la normativa para su despliegue, se desarrollan proyectos piloto y han llegado al mercado nuevos dispositivos.

Para el sector eléctrico Smart Metering incluye la posibilidad de actuar sobre el sistema de consumo con la acción de conexión-desconexión mediante el Interruptor de control de potencia (ICP) de la instalación, que puede estar integrado en el propio contador (R., 2010).

Los primeros sistemas smart metering implementados se basan en sistemas electrónicos de medida y tienen como objeto principal dos aspectos:

- Mantener informado al consumidor-productor de energía de los valores actuales del flujo energético.
- Cuantificar instantáneamente el estado de la red de distribución en el lado del consumidor.

-

³ Smart Metering: Término en inglés que traduce medición inteligente.

Los equipos programables de medida, actualmente disponible en el mercado, responden principalmente a dos tecnologías:

- Advanced meter infrastructure (AMI), estos equipos permiten la lectura del consumo de la energía acumulada o de la potencia instantánea, admiten opciones de precios diferenciados por tipo de medida y registros de la demanda, o programación de intervalos de carga previamente acordados con cada cliente. Permiten comunicación en red con la oficina de gestión (Ver Figura 1).
- Smart Meters, estos equipos proporcionan, a través del centro de gestión, la
 información y el control de los parámetros de calidad y de programación del servicio
 junto con la actualización del software de medición, de forma telemática. Contempla
 la comunicación ampliada en red con el gestor y home area network (HAN) con los
 equipos locales de consumo.

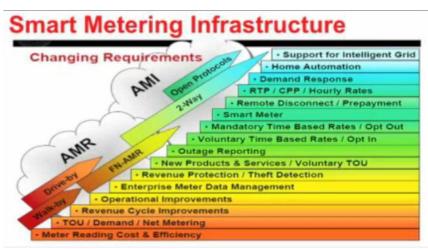


Figura 1Smart Metering Infrastructure levels.

El medidor es especialmente importante, debido a que es el canal de comunicación entre el usuario y la compañía prestadora de servicio. En una residencia, la red formada en el interior es llamada HAN (Home Area Network). De manera similar, la red externa se conoce como una WAN (Wide Area Network). El HAN comunica los aparatos dentro de una casa para vigilar y controlar el consumo de energía. La WAN, permite al medidor comunicarse con otras fuentes externas, como la red inteligente.

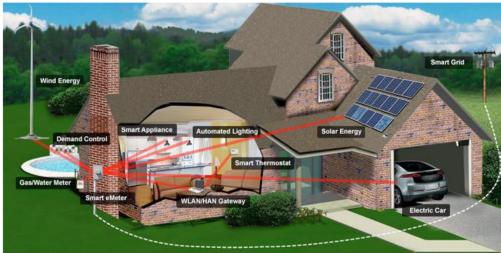


Figura 2-Comunicación HAN y WAN.

Algunas de las ventajas de la medición inteligente para el cliente son:

- Facturación clara y precisa basada en el consumo real
- Información automática de fallas
- Capacidad para la venta de energía nuevamente al proveedor, lo que facilitará la generación distribuida, por ejemplo (turbinas de viento o paneles solares)
- Aranceles flexibles que miden el consumo durante los periodos de tiempo establecidos

Además, algunas de las ventajas para las empresas de servicios públicos son:

- Optimización de la red
- Medición y procesos de facturación automatizados
- Desconexión remota del servicio de energía a los usuarios en mora.
- Monitoreo en tiempo real de la manipulación del medidor.
- Mejor de la previsión de la demanda de energía en diferentes momentos del día.

4.1.2 Domótica:

La domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort, y comunicación entre el usuario y el sistema.

Un sistema domótico es capaz de recoger información proveniente de unos sensores o entradas, procesarla y emitir órdenes a unos actuadores o salidas. El sistema puede acceder a redes exteriores de comunicación o información.

La red de control del sistema domótico se integra con la red de energía eléctrica y se coordina con el resto de redes con las que tenga relación: telefonía, televisión, y tecnologías de la información, cumpliendo con las reglas de instalación aplicables a cada una de ellas. Las distintas redes coexisten en la instalación de una vivienda o edificio.

La domótica contribuye a mejorar la calidad de vida del usuario:

- Facilitando el ahorro energético: gestiona inteligentemente la iluminación, climatización, agua caliente sanitaria, el riego, los electrodomésticos, etc., aprovechando mejor los recursos naturales, utilizando las tarifas horarias de menor costo y reduce de esta manera la factura energética. Además, mediante la monitorización de consumos, se obtiene la información necesaria para modificar los hábitos y aumentar el ahorro y la eficiencia.
- Fomentando la accesibilidad: facilita el manejo de los elementos del hogar a las personas con discapacidades de la forma que más se ajuste a sus necesidades, además de ofrecer servicios de tele asistencia para aquellos que lo necesiten.
- Aportando seguridad de personas, animales y bienes: controles de intrusión y alarmas técnicas que permiten detectar incendios, fugas de gas o inundaciones de agua, etc.
- Convirtiendo la vivienda en un hogar más confortable: gestión de electrodomésticos, climatización, ventilación, iluminación natural y artificial...
- Garantizando las comunicaciones: recepción de avisos de anomalías e información del funcionamiento de equipos e instalaciones, gestión remota del hogar, etc.

4.1.3 Vehículo eléctrico:

La alarmante situación del consumo de energía proveniente de fuentes fósiles y su uso cada vez creciente, no es una situación sostenible económica, ambiental y socialmente. En esta situación, el sector del transporte es responsable en gran medida, y con mayor incidencia en los países desarrollados (ver Figura 1: Usos finales de la energía U.S. 2008).

Final energy use U.S. 2008

16% 39% Transportation Industrial Comercial Residential

Figura 3-Usos finales de la energía U.S. 2008

Además de ser responsable de la mayor utilización final de la energía, el sector del transporte es también uno de los menos eficientes. Hacer uso del transporte público es una comparación que resultaría más eficiente que el uso de un vehículo familiar, sin embargo como respuesta a la dinámica del mundo moderno, en donde los parámetros de comodidad son altamente valorados, lo que vemos en los últimos años es el incremento del vehículo particular sobre las alternativas de transporte público.

Por otro lado, el deseo de reducir las emisiones de GEI, encuentra su principal alternativa a nivel de movilidad, en los vehículos eléctricos, los cuales se propulsan total o parcialmente por un motor eléctrico alimentado por baterías que se recargan a través de una toma de corriente. Su utilización presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental, ya que

permite disminuir los niveles de contaminación en la atmósfera, sin tener en cuenta, externalidades como el impacto en la salud humana.

Este impacto sobre los GEI, solo será posible si las redes eléctricas avanzan en dirección a contemplar una matriz energética más diversificada, incorporando nuevas fuentes renovables de energía en su sistema de generación.

El vehículo 100% eléctrico es la alternativa del futuro a la movilidad y el transporte urbano, gracias a la utilización de una energía limpia y eficiente como es la energía eléctrica.

Sin embargo la adaptación del mundo a los vehículos eléctricos, requerirá de grandes inversiones en tecnología, manufactura, infraestructura de modernización y desarrollo del mercado. Además de ello se requerirá para hacer de esta tecnología una alternativa competitiva, redes eléctricas que hagan frente a las nuevas necesidades, como la previsión de flujos de potencia más complejos a nivel de distribución.

La evolución de los vehículos eléctricos en el mundo, involucran los siguientes tres modelos:

 Vehículos híbrido eléctricos (HEV): Equipan un motor de combustión interna y un motor eléctrico de imán permanente, dicho motor se integra con el sistema de frenado para recuperar la energía cinética mejorando la eficiencia del vehículo, fundamentalmente en su uso urbano

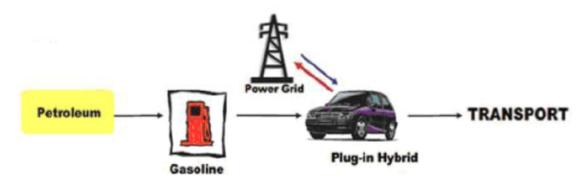


Figura 4- Vehículo Eléctrico Híbrido

- Vehículos híbridos enchufables (PHEV): La evolución de los sistemas de baterías híbridos permitirán la conexión de los Vehículos Híbridos Enchufables (PHEV), para recorrer las primeras decenas de km de un viaje, a partir de energía obtenida de la red eléctrica.
- Vehículos totalmente eléctricos (EV): Las actuales capacidades de las baterías hacen que los Vehículos Totalmente Eléctricos (EV) se perciban como de limitada utilidad por su autonomía y tiempos de recarga necesarios.

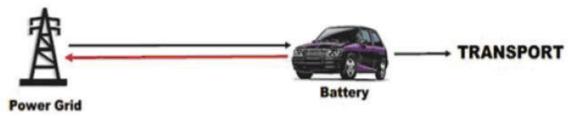


Figura 5- Vehículo completamente eléctrico

Del desarrollo de los Vehículos Eléctricos se esperan beneficios como los siguientes:

- ✓ **Eficiencia energética**: La eficiencia energética del vehículo eléctrico es casi el doble que el de combustión interna.
- ✓ Reducción de emisiones de CO₂: El siguiente gráfico (Ver figura 6), muestra la evolución y los objetivos de la UE con el mix electrico español con en el que se espera que en 2020 las emisiones de CO₂ sean de 95 g. de CO₂/Km y que la cuota de energía procedente de renovables sea mayor del 10%.

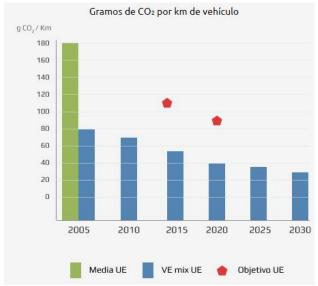


Figura 6- Gramos de Co2 por Km recorrido de cada vehículo

- ✓ Ahorro económico de la energía: El coste de recargar un vehículo eléctrico (VE) es significativamente más barato que el de repostar un vehículo de motor de combustión interna (MCI).
- ✓ Beneficios medioambientales: Los objetivos planteados por los países en cuanto a sostenibilidad energética parecen difíciles de alcanzar sin actuar sobre el sector transporte.

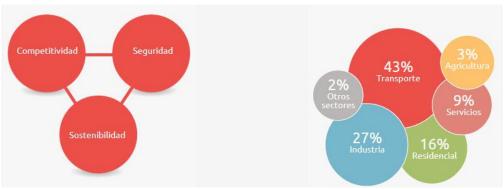


Figura 7- Consumos de Energías Finales por sector en España, año 2011.

4.1.4 Calidad de energía eléctrica:

Teniendo en cuenta todos los supuestos anteriores, parece claro que las Smart Grid junto con todos sus posibles productos directamente vinculados traen una mayor eficiencia.

Debido a que cuanto mayor sea la automatización de la red, la seguridad del sistema también será mayor por lo tanto la calidad en la prestación del servicio de energía será más robusta.

La calidad de la energía eléctrica tiene atributos vinculados a la continuidad del suministro en términos de frecuencia y duración de las interrupciones y a la calidad de la onda de tensión en términos de su amplitud, forma y frecuencia.

Asimismo se ha determinado que uno de los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía eléctrica es la calidad de esta, pues influye en la eficiencia de los equipos eléctricos que la usan.

Actualmente, la calidad de la energía es el resultado de una atención continua; en años recientes esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales por sí solas, resultan ser una causa de la degradación en la calidad de la energía eléctrica. La proliferación de equipos de control y automatización han aumentado los problemas de confiabilidad en la producción. Pues los equipos electrónicos son una fuente de perturbaciones para la calidad de la energía eléctrica ya que distorsionan las ondas de tensión y corriente. Por otro lado los equipos de control y automatización son muy sensibles a distorsiones o magnitudes de la onda de tensión por lo que una variación en la calidad de la energía eléctrica puede ocasionar fallas que paralicen la producción, ocasionando tiempo perdido y costos de producción inesperados (Avella).

Los efectos asociados a problemas de calidad de la energía son:

- Incremento en las pérdidas de energía.
- Daños a la producción, a la economía y la competitividad empresarial
- Incremento del costo, deterioro de la confiabilidad.
- Perjuicios a los consumidores residenciales, afectando la economía doméstica, el confort e incluso la salud.

Una vez que las comunicaciones se han desplegado con el fin de obtener la información, el siguiente paso es la adquisición de información en tiempo real de la red y tele gestionar algunos puntos neurálgicos. Este nivel de automatización permitirá realizar DSO (Orden de Servicio Distinguido) para aumentar la calidad del servicio a través de:

- Supervisión de la red de MT y BT
- Detección de fallas en tiempo real
- Tiempos reales de automación y control en las redes de media tensión
- Detección de fallos en MT y BT sin procedimiento de ensayo-error
- Detección de desequilibrio / sobrecarga / desviación de la tensión
- Reducción de las pérdidas de carga
- Fortalecer la configuración de red de MT, generando redundancias y redes en anillo que la hagan más robusta.
- Crear perfiles de carga / tensión / corriente en la red

La automatización de red es básicamente la combinación de la red eléctrica con la información y tecnologías de la comunicación (TIC). Las comunicaciones permiten a los proveedores de red obtener información valiosa, y con esta información, es posible entender los flujos de energía problemáticos. Además, algunos dispositivos pueden realmente actuar en la red, combinando la alta tecnología de las TIC con dispositivos activos, así se puede alcanzar una mayor flexibilidad de la red. Detección de problemas en tiempo real y que sean resueltos antes de llegar a situaciones de emergencia, o en el peor de los casos pueden permitir la restauración más rápida.

4.1.5 Generación distribuida:

La generación distribuida, es un concepto que surge en el contexto energético en base a la necesidad de afrontar ciertos aspectos relacionados a tres puntos fundamentales:

- <u>Economía:</u> Fuerte incremento en los precios de la energía, con incertidumbre en su comportamiento futuro, empeoramiento de la intensidad energética y perdida de la competitividad.
- Emisiones de GEI: Necesidad de reducir las emisiones de CO2.
- Demanda: Fuerte incremento de la demanda eléctrica.

No existe consenso sobre qué es exactamente la Generación Distribuida: potencias, tecnologías, conexión a la red. En este trabajo haremos referencia a tres conceptos:

El DPCA (Distribution Power Coalition of América) la define como, cualquier tecnología de generación a pequeña escala que proporciona electricidad en puntos más cercanos al consumidor que la generación centralizada y que se puede conectar directamente al consumidor o a la red de transporte o distribución.

Por otro lado, la Agencia Internacional de la Energía (IEA, International Energy Agency) en 2002, la define como la producción de energía en las instalaciones de los consumidores o en las instalaciones de la empresa distribuidora, suministrando energía directamente a la red de distribución.

Y finalmente, EscoVale Consultancy, especialista del sector del Reino Unido, amplía el rango de potencias hasta 100 MW, limitando a 10 MW la potencia máxima para instalaciones basadas en fuentes de energía renovable (Endesa, 2010).

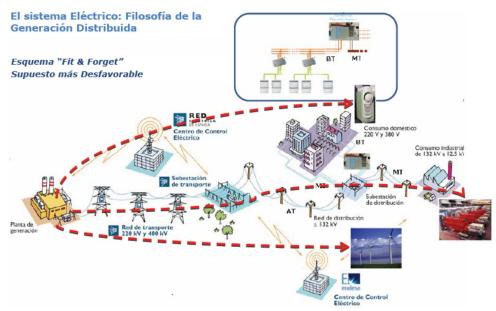


Figura 8- Esquema Sistema Eléctrico - Generación Distribuida

En general y teniendo en cuenta aspectos regulatorios a nivel latinoamericano, podríamos decir, que se entiende por Generación Distribuida:

- "Pequeña" potencia y ubicación en puntos cercanos al consumo
- Conectividad a la red de distribución.
- Es frecuente que una parte de dicha generación sea consumida ("técnicamente") por la misma instalación y el resto se exporte a una red de distribución
- No existe una planificación centralizada de dicha generación y no suele despacharse centralizadamente
- La potencia de los grupos suele ser menor de 50 MW.

En definitiva un sistema eléctrico que integre la generación distribuida, deberá proporcionar:

- Capacidad de operación distribuida y /o coordinada
- Servicios terciarios
- Coordinación de protecciones
- Apoyo en la estabilidad del sistema
- Control de reversibilidad de flujos en la red de MT y BT
- Apoyo ante incidencias y reposición del suministro
- Calidad del suministro.

A nivel americano sobre todo, casi tanto como el concepto de generación distribuida, se utiliza el concepto D.E.R (distribuited rnergy Resource) que agrupa:

- Generación distribuida
- Almacenamiento de energía

La Tecnologías D.E.R disponible pueden ser clasificadas de acuerdo a la siguiente tabla:

Motor Alternativo Turbina de Gas maduras Eólica Fotovoltáica Generación Distribuida Solar Térmica Biomas / Biogas semimaduras microturbina Pila de Combustible Geotérmica emergentes Marina maduras Bombeo batería Volante Almacenamiento semimaduras Térmico Aire a presión Hidrógeno emergentes SMES Ultracondensadore

Tabla 1- Tecnologías D.E.R.

Ahora es importante entender cómo deben ser adaptados los sistemas eléctricos actuales, para permitir la inserción de la generación distribuida en el esquema. De esta manera las dos premisas importantes a ser consideradas, se enumeran a continuación:

- Capacidad de Interconexión:
 - ✓ Control de potencia/energía
 - √ Comunicaciones estándar
 - ✓ Arquitectura y sistema de entronque estandarizado
 - ✓ Red de MT sin necesidad de SS.EE.
- Capacidad para gestionar sistema local de:
 - ✓ A.C. de generación local de energía
 - ✓ D.C. de interconexión de distintos tipos de energía
 - ✓ Sistemas de almacenamiento de energía
 - ✓ Gestión de demanda como reserva de energía.

La gran ventaja y lo que sin duda llevará a masificar este tipo de tecnologías es la ubicación cercana a los centros de consumo, lo que a su vez desencadena otros impactos positivos tales como:

- Disminución de emisiones: reducción de pérdidas e integración de energías renovables.
- Fomento del uso de energías renovables
- Mejora de la eficiencia energética: fomento de la CHP (cogeneración).
- Seguridad y calidad energética: a nivel macro, seguridad de abastecimiento y a nivel micro, reducción de incidencias.
- Aumenta capacidad de transmisión del sistema

Sin embargo, existen otros factores que dificultan la proliferación de estas tecnologías y que además representan inconvenientes a la hora de implementarlas dentro de los sistemas eléctricos actuales, por enumerar las desventajas más relevantes, tenemos:

- Impacto en la red de distribución: tensiones, estabilidad, inversiones de flujo.
- No participa en el control y gestión de la red: tensiones y potencia reactiva, pérdidas.
- Potencia no despachable, lo que incide en la cobertura y la estabilidad del suministro.
- Son necesarias complejas estructuras de control

4.2 Qué y quienes influencian la expansión de las smart grids

El sector de la energía, como ya se ha descrito en la introducción, implica una serie de diferentes actividades como la generación, transmisión, distribución y comercialización.

Los retos del futuro para las redes en todo el mundo, deben ser confrontados por todos los actores involucrados, y no sólo por las actividades reguladas, como la transmisión y distribución. Entre estos desafíos, nos encontramos con algunos tan importantes como: (i) previsto aumento de la demanda de energía,(ii) la escalada de la competencia a través de la liberalización del mercado,(iii) las directivas medioambientales,(iv) la tendencia de generación de bajas emisiones,(v) la penetración de generación distribuida,(vi) la promoción de nuevas tecnologías de alta eficiencia,(vii) gestión de la demanda,(viii) incursión de los vehículos eléctricos,(ix) los sistemas de almacenamiento de energía y de clientes activos participación en los mercados,(x) las nuevas inversiones para garantizar una mayor seguridad del sistema y reemplazar la infraestructura obsoleta,(xi) estimular el consumo inteligente y (xii) creación de nuevos servicios. Todos estos son sólo algunos de los probables desafíos a los que se enfrentarán todos los actores involucrados en el desarrollo e implementación de las smart grids (GE Energy, 2009).

Como se mencionó anteriormente, todas las partes interesadas tienen que dar respuesta a estos retos, pero la red eléctrica tiene un papel especial. Tiene que estar preparada, no sólo para apoyar a todos los cambios sin representar una limitación dentro de las nuevas implementaciones, sino también para promover los nuevos servicios y desarrollar soluciones a los requerimientos de todos los usuarios del sistema.

Analizando en detalle los desafíos indicados, y teniendo en cuenta la alta correlación entre muchos de ellos. Es posible resumir todos estos, en cinco factores claves, como principales motores de desarrollo de las smart grids, siendo cada uno parte fundamental de la cadena:

4.2.1 Medio ambiente:

El calentamiento global ha alarmado a la sociedad sobre los peligros al que está expuesto el planeta a causa de la contaminación y principalmente al aumento de gases de efecto invernadero resultantes de la actividad humana como principal fuente. El alto grado de correlación entre el dióxido de carbono y la temperatura global, ilustra la necesidad de reducir las emisiones de carbono, dado que el uso de combustibles fósiles representa el 40% de estos gases de efecto invernadero, (Administration, 2008) y que siguen siendo la fuente más utilizada de energía, en torno al 70% de la generación neta de hoy.

La integración de fuentes renovables, como energía limpia, es sin duda muy importante. Sin embargo la infraestructura actual no puede maximizar los beneficios de estas fuentes limpias, debido a la ubicación y la variabilidad del recurso. La ubicación es una desventaja ya que la introducción de las altas cantidades de generación distribuida puede causar problemas de flujo de potencia. La variabilidad, por su parte, puede causar problemas técnicos de funcionamiento del sistema, porque este no está lo suficientemente automatizado, lo que significa una falta de flexibilidad operativa.

Pero el cambio de fuentes de generación de energía no es la única acción que se puede tomar para aliviar el medio ambiente. La eficiencia energética es otro parámetro importante a implementar. Aquí el objetivo es utilizar menos energía sin perder ciclo de vida. Y esto significa la adopción de medidas como, por ejemplo, sustitución de toda la tecnología de baja eficiencia, por los nuevos equipos "Clase A", de alto porcentaje de ahorro energético.

Además, los vehículos eléctricos para el transporte público también pueden ayudar a cambiar el uso de combustible por electricidad, la que a su vez podría ser generada a través de fuentes más limpias. En este caso, las ventajas no sólo son el cambio de la fuente de alimentación, sino también el beneficio interpuesto por la mayor eficiencia de los motores eléctricos.

4.2.2 Independencia energética:

Hoy en día los combustibles fósiles son esenciales para el desarrollo y bienestar de nuestra sociedad. Los recursos energéticos varían de un país a otro. La mayoría de los combustibles tradicionales de generación son: petróleo, gas natural y carbón, estos se concentran en unos pocos países productores, lo que hace al resto de países energéticamente dependientes. Esta estratégica restricción es una importante amenaza para muchas naciones. En general, los gobiernos han enfrentado el problema diversificando las diferentes fuentes de energía y las tecnologías de generación. Sin embargo, las cifras gastadas en importaciones son asombrosas. Por ejemplo, Estados Unidos gastaba más de \$200.000 por minuto en el petróleo extranjero (Natural Resources Defense Council, 2004).



Figura 9- El gas natural en todo el mundo.

Esta situación va de mal en peor, ya que las fuentes no renovables disminuyen. El objetivo es sustituir estas fuentes por otras, propiedad del país, o que puedan ser adquiridas por un importante número de países a un precio razonable. Pero, obviamente, el mejor y más razonable enfoque es diversificar la matriz energética, basada en fuentes de energía limpia, renovables y que no dependan de unos pocos países.

El cambio de las fuentes de energía primaria ha de ser reforzado por un aumento en la eficiencia de energía, la demanda inteligente y la penetración de los vehículos eléctricos. La posibilidad de hacer más con menos es una de las ventajas de una red más inteligente, la reducción de las necesidades de generación de energía, para una demanda determinada. Redes eficientes y la penetración de combustibles limpios sostenibles, reducirá la dependencia del combustible extranjero y permitirá aumentar la eficiencia de los sistemas eléctricos. Añadir esto al resto de acciones de eficiencia, sumado a otras características de las redes inteligentes, traerán resultados aún mejores para todos los actores involucrados, tanto económicos como al medio ambiente.

4.2.3 Precio creciente de la energía:

Una de las características del proceso de la cadena de la electricidad es que la energía no puede ser almacenada en cantidades significativas. Esto quiere decir, que siempre debe haber un equilibrio permanente entre la potencia generada y la potencia consumida. El uso de la electricidad varía durante todo el día, y por lo tanto la generación debe también adaptarse a cambios en la demanda.

Por lo tanto, es necesario disponer de plantas que sólo se pueden usar durante períodos cortos de tiempo, haciéndolos más costosos con el fin de recuperar su costo fijo. De esta manera una demanda creciente significa costes crecientes.

Los clientes no son conscientes de que el precio de generación de energía es diferente en el pico y en horas valle, y de la gestión de la generación constante para satisfacer la demanda, que viene a diferentes precios dependiendo del consumo total. El número de variables relacionadas con el precio final es enorme, y muy complejo para reflexionar.

Entre otros factores que definen el precio final, encontramos: la matriz energética, las fuentes primarias en relación a los precios de mercado – corresponde al valor de los combustibles ya mencionados, con muy alta volatilidad-, los costos de las plantas de energía sobre la disponibilidad de las mismas, los servicios auxiliares asociados y por supuesto la demanda. Esto significa que el consumidor final tendrá que pagar un incremento en el valor de la energía, cuanto más requiera de ella; sin embargo este supuesto incremento, estará estrechamente asociado a la volatilidad en los precios del petróleo, la maduración de las tecnologías de conversión de las fuentes renovables y de cómo el usuario gestione su curva de carga. Por lo tanto en un panorama ampliado y de maduración del concepto de smart grids, esto podría suponer una reducción y no un incremento.

Por otro lado, la demanda históricamente ha sido considerado inelástica, esto significa que la demanda se considera fija y por lo tanto no se modifica. Pero a medida que el precio de

la electricidad comenzó a aumentar y se discriminó la demanda pico de la demanda valle, los grandes consumidores comenzaron a cambiar su perfil de consumo. Además, pequeños consumidores también mueven una pequeña parte de su perfil de consumo de pico a valle, principalmente en los equipos de calefacción, moviendo el tiempo de conexión de días a noche. Las señales de precios pueden traer elasticidad a la respuesta de la demanda.

En este entorno, hay dos maneras de reducir la factura de energía:

día ya que los precios deben reflejar el costo real.

- Una es la de reducir el costo de la electricidad mediante el uso de la electricidad más barata. Y eso se podría hacer mediante el cambio de la matriz energética a una más eficiente. En la que las fuentes renovables de largo plazo podrían bajar los costos.
- La otra posibilidad es utilizar la energía de manera más eficiente, a través de la gestión de la demanda, existe un amplio margen para la racionalización de la misma. No es lógico tener una única estructura de precios, si los precios de la electricidad cambian con el tiempo y el espacio de uso.
 La solución consistiría en tener precios de energía variable para cada momento del

Obviamente, con el fin de hacer que sea posible el uso de la energía de una manera racional, es necesario disponer de información en tiempo real para la condición de pico o valle de la energía y así mismo tener electrodomésticos inteligentes.

En este caso, es esencial igualmente disponer de una red inteligente para apoyar estas funciones. El problema una vez más, es el esfuerzo económico necesario en un primer momento para introducir una red inteligente, dada la incertidumbre de no saber si el valor presente de los beneficios a largo plazo superará los costos iniciales.

4.2.4 Confiabilidad de Suministro:

Las perturbaciones en el sistema de potencia como un todo, causan pérdidas económicas importantes. Por ejemplo en los Estados Unidos más de \$ 150 mil millones de dólares se pierden cada año debido a los cortes de energía, resultando en un promedio de USD 500por ciudadano (US Department of Energy).

Con el aumento de la electrificación, tanto en cantidad como en calidad, la sensibilidad de los usuarios por la confiabilidad en el suministro de la energía está cambiando.

Hoy en día la pérdida de suministro, incluso durante un corto período de tiempo es detectada por los usuarios a través de los equipos más sensibles, tales como relojes eléctricos y computadoras, esto pese a que los nuevos electrodomésticos son típicamente más protegidos.

En resumen, un importante incremento en la confiabilidad, permitiría el ahorro de dinero que ofrece un mejor servicio. Sin embargo, el problema de hoy es poder justificar las inversiones a través del análisis de costo / beneficio.

Las redes inteligentes serían una manera natural de aumentar la seguridad y fiabilidad del suministro. La infraestructura de comunicación asociada a las redes inteligentes va a mejorar el análisis de costo / beneficio, permitiendo operar de manera más eficaz sobre las redes, disponiendo de información en tiempo real y permitiendo la automatización de toda

la red de distribución. Actualmente la falta de automatización significa a niveles operativos en la prestación de los servicios públicos, deficiencias en los tiempos de reposición ante un evento de falla y flexibilidad operativa muy limitada.

Cuanto mayor sea la automatización de las redes inteligentes esto implica un mayor conocimiento de los flujos de potencia y por lo tanto mayor flexibilidad en la operación. La reacción a los potenciales problemas, se llevará a cabo antes de que los clientes puedan verse afectados, o mucho más rápido y de manera más segura, de esta manera se minimizará el impacto y se logrará una importante mejora de los indicadores de confiabilidad.

4.2.5 Infraestructura moderna:

En muchos casos, la infraestructura que usamos hoy en día en el sector energético es conceptualmente casi igual a la utilizada 100 años atrás. Desde las plantas de generación, la transmisión, la distribución y los equipos a nivel de los usuarios finales, los cambios en las aplicaciones han sido muy pequeños, esto sin dejar de reconocer los avances desde el punto de vista tecnológico, los cuales si han sido muy relevantes sobre todo en términos de eficiencia.

Ahora, todos los factores están juntos apuntando a un nuevo objetivo. En primer lugar, tenemos mayores necesidades energéticas, pero también necesitamos de la tecnología para ser más eficientes; la tecnología para tener nuevas fuentes de energía limpia y renovable, la tecnología para adaptar la red a las necesidades de los usuarios finales.

Todos los avances en conjunto, nos darán la oportunidad, y la necesidad, para revolucionar el sector, con el ejercicio de un uso eficiente y sostenible de la energía.

En concreto, para las redes inteligentes, como los costos de las tecnologías de comunicación tienden a bajar y la tecnología disponible para la conmutación y los sensores a ser más inteligentes, el tiempo parece adecuado para el siguiente paso hacia los nuevos desarrollos. Sin embargo hay que esperar a que los proyectos piloto superen un análisis de costo / beneficio, asegurando la sostenibilidad de los mismos.

4.3 Stakeholders

Para realizar cambios de la magnitud que suponen los nuevos desafíos de las redes eléctricas, es fundamental tener en cuenta las necesidades y expectativas de todos los actores involucrados, asegurando la no discriminación y la asignación equitativa de los recursos. Cada actor debe cubrir sus expectativas y debe además participar de un diálogo fluido con el resto de actores, en el envío y la recepción de la información, para ayudar a los reguladores en la comprensión de cómo las redes inteligentes pueden beneficiar a todos los usuarios de la red.

Las funciones, las responsabilidades y los derechos de las partes interesadas y las autoridades competentes deben estar claramente definidos y desempeñados adecuadamente. Los actores más importantes se enumeran y son desarrollados en detalle en las siguientes páginas:

4.3.1 Usuarios finales:

Cualquier mercado económico, se rige por la oferta y la demanda. El lado de la demanda está representada por los clientes. Los mercados tradicionales de electricidad se han caracterizado por una demanda extremadamente inelástica. Hay varias razones para esto, la principal es que la electricidad es una necesidad básica, y los consumidores se han vuelto dependientes de esta. La inexistencia de señales de precios eficientes para los consumidores conduce a una falta de transparencia. Esto puede conducir al abuso de poder de mercado. Es la responsabilidad de las autoridades administrativas, regular el mercado con el fin de proteger a los consumidores contra los abusos. La inexistencia de señales de precios eficientes para los consumidores y el abuso de poder de mercado son dos temas diferentes, pero señales más transparentes de los precios también traerían barreras para el abuso de mercado (Ventosa, 2003).

Con el nuevo esquema energético, no podemos hablar más de los consumidores, como agentes pasivos conectados a la red para utilizar la energía. Las nuevas tecnologías les permiten tener un papel activo a los usuarios finales de la red, no sólo como consumidores sino también como productores, y de forma indirecta, tomando parte de la gestión de la red. El uso de las energías renovables hace posible que los usuarios finales tengan generadores pequeños en casa. El uso de la energía producida, dependerá de la regulación del país, esta podrías ser usada para reducir su consumo de la red o bien, ser inyectada al sistema eléctrico de distribución.

Otra posibilidad que se planteará en un futuro próximo con el desarrollo de nuevas baterías, es la capacidad de almacenamiento de energía en los hogares.

De nuevo, la gran ventaja es que en algunos casos específicos en las horas de demanda pico, el cliente podría volver a vender la energía almacenada a la red.

Finalmente, los usuarios finales tendrán injerencia en acciones direccionadas básicamente a: la voluntad por obtener los mejores precios, mayor calidad de prestación del servicio y servicios de valor agregado:

Precios bajos:

Lo que fundamentalmente quieren y esperan los clientes, son los mejores precios de la energía. La red inteligente debe dar a los usuarios finales la oportunidad de obtener los precios más altos como pequeños productores, y de la misma manera, obtener el más bajo precio como consumidores.

La liberalización de los mercados de energía, idealmente permite a los consumidores adaptarse a un patrón de consumo con un precio menor de la energía. Catalizar la demanda mediante la gestión de la electricidad, gracias a la comunicación de dos vías entre el cliente y los servicios públicos, teniendo en cuenta una señal de precio efectivo. Lo que esto significa es que un consumidor será capaz de observar los precios en tiempo real, o al menos durante los periodos de demanda pico y valle, y esto le permitirá reaccionar de una manera inteligente, desplazando el consumo de costosas horas pico a horas valle más baratas, lo que significaría importantes beneficios económicos para los usuarios.

Alta calidad del servicio:

Hoy en día la calidad del servicio está bien regulado y en la mayoría de los países desarrollados se considera altamente satisfactoria, ya que se ha logrado un compromiso entre los costos y los niveles de calidad. Lo que es más, en muchos países DSOs tienen incentivos para aumentar la calidad de los niveles de servicio (ver Figura 10).

Con el despliegue de dispositivos inteligentes en la red y los medidores de dos vías de comunicación, las empresas de distribución le resultará más barato mejorar aún más la calidad del servicio. Sustancialmente, la red inteligente traería incluso mejores niveles de calidad en la prestación de servicio que beneficiarían a todos los usuarios (Román, 2008-2009).

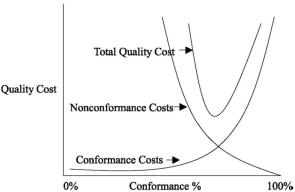


Figura 10- Calidad vs Conformidad. Los costos de la calidad para los consumidores y la utilidad se suman para obtener el costo total de la calidad

Servicios con valor agregado:

La incorporación de las smart grids, traerá consigo nueva tecnologías sobre las cuales hoy los consumidores no tienen mucho conocimiento y que así mismo no despiertan gran interés. Sin embargo la inserción masiva de dichas tecnologías y la implementación de estas traerá grandes beneficios a los usuarios finales. Este tipo de tecnologías serán desarrolladas con mayor detalles a la largo de este documento.

4.3.2 Generadores:

El uso de la red más eficiente va a modificar la curva de equilibrio de generación de electricidad, obligando a las generadoras a actuar de forma distinta. Es importante señalar que la generación tradicional se preocupa por los cambios que traerán las redes inteligentes, sin embargo gracias a la mayor eficiencia de las smart grids, estas pueden reducir precios de la energía para sus consumidores, lo que no necesariamente significa pérdidas para la producción de electricidad.

Los generadores, reciben una prestación económica proporcional a los precios de mercado por la cantidad de energía vendida menos los costos de producción, tal como se explica en la siguiente ecuación (Ventosa, 2003):

$$B = P \times Q - C$$

- P: Precio de mercado
- Q: Cantidad de energía vendida
- C: Costos de Producción de la energía

Como consecuencia, incluso si los precios caen, los beneficios de la generación podrían aumentar debido a una mayor producción. Los precios más bajos y los nuevos servicios también pueden traer efectos de rebote en cuanto al aumento de la demanda. En la siguiente figura un aumento de la demanda durante las horas fuera de pico, debido a la alta penetración esperada de electricidad por vehículos en el sistema español, implica mayor cantidad de electricidad vendida por generadores.



Figura 11- Curva de carga con vehículos eléctricos. Curva de carga pronosticada para el sistema español de una penetración de un millón de vehículos eléctricos de 2014. Con 8 horas de menor actividad de recarga.

La conclusión es entonces que los consumidores seguramente no van a consumir menos, si no en realidad más, e incluso de una manera más eficiente. Es especialmente importante una vez más considerar el problema, no solo para la red y la generación por separado, sino a todo como un solo proceso complejo, esto debido a la correlación entre sus partes y al efecto que cada uno provoca en el otro. Lo que esto significa es que los generadores deben prever futuras inversiones en su infraestructura, que les permitan adaptarse a lo que el futuro sistema necesita.

Los beneficios previstos de una red más flexible se atribuyen a las plantas de generación distribuida. Actualmente el acceso y puntos de conexión para las plantas de generación son complejos y por lo tanto de costos elevados. En muchos casos, estos costos deben ser cubiertos por el generador, incrementando los costos fijos. Otra posibilidad no explorada todavía podría ser la generación cooperativa. Hoy, por ejemplo, en España, cada generador tiene su punto de conexión exclusivo, pero hablando de la generación renovable, el mismo punto podría compartirse de forma cooperativa, por ejemplo para la generación de energía solar y eólica, así que durante los días soleados la generación podría provenir de la granja solar y por la noche y los días nublados, de la planta eólica. Debe preverse establecer normas para asegurar la máxima capacidad de generación con la prioridad acordada. De esta manera, las inversiones en la red podrían ser optimizadas.

Con las smart grids estos escenarios podrían ser considerados teniendo la red, la responsabilidad de gestionar los acuerdos de una manera eficaz. Así, el costo de la energía

sería seguramente inferior, lo que significa un menor costo de inversión y una mayor seguridad de suministro.

Como se mencionó anteriormente, otra forma de generación que va a aumentar en un futuro próximo y que tiene que ser apoyada por los nuevos servicios de la red eléctrica, serán aquellos clientes que también producen su propia energía, en ocasiones conocidos como *prosumidores*. Nuevas tecnologías de microgeneración y sistemas de almacenamiento de energía hacen viable esto para uso doméstico. Esta nueva forma de generación distribuida "extrema", en grandes cantidades es inviable sin una mejora importante en la red actual.

Además, con la creciente penetración de la generación a través de fuentes de energía renovables, nuevos problemas pueden surgir para la generación vista en su conjunto. Históricamente, el parque de generación es capaz de gestionar la demanda de una manera económica. Con la entrada de estas nuevas tecnologías al sector, las plantas viejas deberán ser reemplazadas por otras nuevas de una manera económica. Hoy en día, la generación renovable está llegando al mercado ayudada por los incentivos del estado y desplazando a otras plantas de generación tradicional, creando esto una distorsión en el mercado. Con el aumento de las plantas renovables, un exceso de energía en el mercado se producirá en determinados períodos de tiempo, principalmente en las horas valle lo que traerá conflictos entre los generadores del mercado. En este caso, el plan de negocios calculado solamente con los incentivos, pero teniendo en cuenta la producción total, no cumplirá con la realidad. Muchas plantas operarán muchas menos horas de lo previsto y por lo tanto obtendrán resultados económicos peores de lo esperado.

Otro efecto asociado con el aumento de la participación de la generación renovable, es el hecho de que en cierto punto, cada kW de energía renovable tendrá que ser respaldado hasta casi la misma cantidad en kW de generación tradicional, esto aplica principalmente para la generación eólica y fotovoltaica, pese a que, en el caso de la energía eólica, ya existen avances en sistemas de despacho que permiten la coordinación multi-parque, de manera que estos puedan operar respaldándose, lo que limitaría los requerimientos de respaldo asociados a la generación convencional. De cualquier forma habría que considerar un aumento de la capacidad de generación tradicional para que pudiera ser implementada como una reserva, pero con una expectativa de participación mínima en el despacho, lo que implica un mayor precio de las unidades de dicha reserva.

Estos dos últimos casos serían especialmente importantes en los mercados con una débil interconexión. Esto podría ser minimizado por más capacidad para absorber el exceso de energía, que puede venir a través de aumentar la capacidad de interconexión, aumentar la capacidad de almacenamiento, o bien mover la demanda a través de la gestión de la misma.

De cualquier manera, las redes inteligentes deben estar preparadas para soportar todas las funciones que se esperan, y el regulador tiene que poder resolver las distorsiones económicas del mercado a través de una remuneración adecuada y / o reconocimiento de nuevos servicios.

4.3.3 Empresas de servicios de energéticos:

Las empresas de servicios energéticos (ESCo) son empresas que utilizan su conocimiento en el uso de la energía, para llegar a una amplia gama de productos y de soluciones de

energía para los consumidores. Un ejemplo de servicio ESCo podría ser el diseño e implementación de proyectos de ahorro energético. Esto podría ser realizar un análisis en profundidad de las propiedades y diseños de un sistema para establecer una solución eficiente en torno al consumo de la energía y, a continuación, recomendar un paquete de mejoras para ser pagadas a través del ahorro que dichas modificaciones ocasionarían. Una vez contratada, la ESCo puede instalar los elementos necesarios y mantener el sistema para garantizar el ahorro de energía durante el periodo de recuperación. En este caso, la ESCo garantizará que los ahorros alcancen o excedan los pagos anuales para cubrir todos los costos del proyecto. Por lo general estos contratos tienen un plazo entre los 7 a 10 años. Si los ahorros no logran materializarse, la ESCo paga la diferencia, no el consumidor.

Con la separación del proceso de la energía y el aumento de la flexibilidad, aparecerá una gama más amplia de productos para una ESCo. Los clientes más conscientes de los problemas ambientales y el funcionamiento del nuevo sistema, con un efecto directo en el factor económico, harán que se adquiera mayor interés en los productos de eficiencia energética. Por lo que un prometedor futuro les espera a las empresas que encuentran una forma eficaz de plantear situaciones de ganar-ganar junto con los clientes.

4.3.4 Operadores del sistema de transmisión:

Pese a que el sistema de transmisión ya está ampliamente automatizado, será también responsables de apoyar a los demás servicios del sistema.

El operador del sistema de transmisión tiene que tener las herramientas para observar todo el sistema, que incluye las redes interconectadas con las empresas de distribución y otras redes, así como la generación en tiempo real del sistema.

En los próximos años, el número de fuentes en el sistema, aumentarán enormemente y se podrán conectar a cualquier punto de la red. La pregunta ahora es cómo será la integración de todos estos puntos para poder obtener la información en tiempo real y además la mayor eficiencia de todo el sistema eléctrico.

Estas preguntas tienen que tener una respuesta traducida en nuevos servicios y tiene que ser con el apoyo de la red de transmisión para ayudar a lograr una mayor flexibilidad en la operación lo que ayudará а la estabilidad y seguridad del sistema. Además, debido a la incertidumbre de la generación de plantas de energía renovable, es necesario contar con reservas en la propia red u opcionalmente, compartir las reservas comunes con los países vecinos a través de las redes de interconexión. La UE tiene planes de implementar una súper red que conectaría los sistemas de transmisión de los países del Norte de Europa con el norte de África. La potencia disponible como reserva debería ser al menos el 10% del consumo máximo.

4.3.5 Operadores de los sistemas de distribución:

Los operadores de los sistemas de distribución desempeñarán un papel clave para la viabilidad de las redes inteligentes que se establecen básicamente en las redes de distribución. El despliegue general de los sistemas de comunicación y los equipos de automatización hasta el punto final de usuario como parte de la red inteligente, supondrá

un importante esfuerzo que tiene que ser hecho por las empresas de distribución, ya que es en sus redes en donde ocurrirá el mayor impacto.

La red actual está dimensionada para el período de carga máxima, con poca automatización en alta tensión, muy poco en media tensión y ninguna en redes de baja tensión. Esto supone una flexibilidad operativa casi nula en todo el sistema de distribución y por lo tanto, un esquema tradicional y de ineficiente gestión. El aumento en las posibilidades de operación y el cambio en la gestión de la demanda a precios más baratos, significa que el consumo de energía podría ser distribuido de manera más eficiente. De esta manera, la inversión en nuevos activos que serían necesarios con el crecimiento de la demanda en un esquema tradicional, podrá ser reducida o en algunos casos no sería necesaria si se dan los aumentos paulatinos en términos de eficiencia.

La red inteligente se basa fundamentalmente en los diferentes dispositivos que se encuentran en constante comunicación entre usuarios de la red. Este aumento de la información permite ganar mayor eficiencia en el área de distribución.

4.3.6 Instituciones de normalización:

Las instituciones de normalización se enfrentarán a problemas que hasta la fecha nunca han sido planteados. Junto con las instituciones de normalización, deberán participar todos los actores involucrados en los elementos de la nueva red. Así, los representantes técnicos de las empresas de generación, transmisión y distribución, además de proveedores de equipos y otros expertos, tienen que estar inmersos en las discusiones para lograr obtener los estándares que cumplan con las expectativas de los nuevos usuarios.

Las empresas de servicios públicos implementarán infraestructura automatizada de medición (AMI) y tratarán de extender la red inteligente más allá de la medición a nivel de los dispositivos domésticos, sin embargo la diversidad en el número de protocolos de comunicación, crea problemas de compatibilidad graves para las concesionarias de energía, los proveedores y los consumidores.

Los Protocolos de comunicaciones deben ser definidos. Lo más sensato sería un enfoque donde se definieran protocolos abiertos y públicos.

Por lo tanto, es muy importante llegar a tener estándares abiertos que pueden ser compartidos con todo el mundo, como una forma de promover el desarrollo sin restricciones para los diferentes proveedores, lo que permitirá a su vez reforzar la eficiencia.

4.3.7 Reguladores:

Las autoridades reguladoras son responsables por hacer cumplir el adecuado suministro de toda la potencia del sistema, no sólo a corto plazo sino también a largo plazo. Deben hacerlo tomando las medidas adecuadas en el largo, mediano y corto plazo, para ayudar a todos interesados a lograr el máximo beneficio neto.

El papel de los reguladores ha sido vital en la liberalización del sector eléctrico. Actualmente, los sistemas tienen mercados operativos exitosos, sin embargo los nuevos servicios y actividades demandan nueva regulación. Es fundamental no olvidar que, en un sector donde todas las partes están interconectadas; una asignación injusta de cargos

puede llevar a directas consecuencias sobre el resto. De esta manera, es importante contar con reglas claras antes de la implementación de nuevas actividades.

Desde el punto de vista normativo, los inminentes compromisos sociales implican que sean tomada acciones al menos en los siguientes tres aspectos fundamentales:

- Muchos países han acordado trabajar en los desafíos ambientales. La disminución de los efectos del cambio climático, a través de la reducción de las emisiones de GEI, promoviendo la eficiencia energética y el fomento de una alta penetración de las fuentes de producción de energía renovable.
- 2. El interés de mantener la promoción de una mayor calidad de servicio.
- 3. La sostenibilidad del sistema siempre teniendo en cuenta los nuevos retos que sin duda continuarán apareciendo.

El empleo de las redes inteligentes se considera que es crucial para hacer frente a todos estos problemas. Sin embargo, las autoridades reguladoras deben ser claras y definir: roles, responsabilidades y derechos.

La validación económica de las inversiones importantes se debe tomar asegurando que la tasa de retorno es proporcional a los riesgos que implica. El regulador debe encontrar una manera de compartir los costos entre las partes interesadas para asegurar el desarrollo de estos sistemas. La curva de aprendizaje de nuevas tecnologías y servicios deben ser gestionados de modo que se alcance la eficiencia de costos.

Una regulación errónea que no elimina las barreras, o que trae excesiva restricciones, puede hacer imposible una tasa de retorno razonable sobre la inversión.

4.3.8 Proveedores de equipamiento:

Los proveedores de equipos inteligentes deben trabajar de la mano con las instituciones de normalización.

Las organizaciones a su vez tienen que especificar las normas necesarias a implementarse en los nuevos dispositivos. Y por último, los proveedores de equipos tienen el reto de ser lo más sostenibles y competitivos que sea posible, asegurando el más óptimos funcionamiento del equipamiento.

4.4 Teoría del desarrollo sustentable

El rápido crecimiento de la economía mundial hasta mediados de la década de los sesenta hizo olvidar, al menos en parte, la incidencia de los aspectos sociales y ambientales en el proceso de desarrollo. Sin embargo, ya en la década de los setenta, quedó en evidencia la insatisfacción acerca de las características y consecuencias de ese crecimiento.

Los trabajos de algunos autores vinculados a la CEPAL expresan tal insatisfacción refiriéndose a los "estilos de desarrollo" que acompañaron a ese crecimiento en el caso de la región de América Latina y el Caribe, enfatizando especialmente su carácter concentrador a pesar de algunas mejoras en las condiciones de vida de la población, las asimetrías sociales se habían profundizado. Tales asimetrías se profundizaron aún más

durante la década de los ochenta, como consecuencia de los ajustes vinculados con la reversión de los flujos de capital financiero, ocasionada por la crisis de la deuda externa. En la mayor parte de los países de la región, los ingresos medios de la población retrocedieron considerablemente y los índices de pobreza se agravaron de modo significativo.

Por otra parte, ya a principios de los años setenta, comenzaron también a manifestarse las preocupaciones acerca de los impactos del crecimiento económico sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Durante el transcurso de la "edad de oro del crecimiento", los problemas del desarrollo se examinaron poniendo especial atención a la escasez en el capital físico y financiero y haciendo eventualmente alguna referencia a la dotación y calidad de los recursos humanos, pero admitiendo implícitamente la inexistencia de restricciones en lo que se refiere al ámbito natural.

De este modo, los estilos de desarrollo que se plasmaron históricamente implicaron un manejo depredador del medio ambiente natural; extinción de especies, deforestación, contaminación del aire y el agua como consecuencia del acelerado proceso de urbanización y de la contaminación industrial, con serios efectos sobre la salud y la calidad de vida de la población humana.

De cualquier modo es claro que existe una conciencia creciente sobre el hecho que el progresivo deterioro del medio ambiente provoca cambios, en muchos casos irreversibles, que pueden afectar seriamente las posibilidades de desarrollo futuro de la sociedad. Ello implica poner en cuestión la sustentabilidad en el tiempo de ciertos estilos de desarrollo. Por estar ligada a la dinámica de un sistema complejo, atendiendo al variado conjunto de dimensiones que interactúan, la noción de sustentabilidad no es susceptible de definiciones simples. Cualquier definición que se plantee tendría que establecer con claridad las notas esenciales que deberían caracterizar a un proceso de desarrollo de manera que pueda ser calificado como sustentable.

En 1987, la Comisión Mundial para el Medio ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas definieron desarrollo sustentable como aquel que "satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades." William D. Ruckelshaus, ex Administrador de la Agencia de Protección Ambiental Federal de los EEUU, en su artículo "Hacia un Mundo Sustentable" concluye que "la protección medioambiental y el desarrollo económico son procesos complementarios en vez de antagónicos (Ruckelshaus, 1987)" .Mediante un proceso adecuado de planificación, estudios, participación comunitaria, obtención de permisos, implantación de medidas de mitigación y un enfoque continuo en la preservación y mejoramiento del medio ambiente, donde se involucran tanto las agencias reguladoras como la industria privada, las instituciones educativas y las comunidades, se intenta demostrar que el desarrollo sustentable es alcanzable bajo el esquema, donde proyectos de infraestructura se puedan dar en el contexto de integración de economía, sociedad y ambiente.

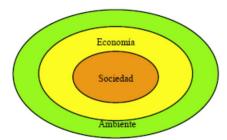


Figura 12- Esquema de desarrollo sustentable

Desarrollo sustentable en el sector eléctrico

La planificación energética es un ejemplo de la necesidad del papel fundamental de las instituciones gubernamentales en la tarea de garantizar que las decisiones sobre la oferta y la demanda de energía adoptadas por todos los interesados directos — productores, consumidores, inversores, etc. — sean compatibles con los objetivos generales de desarrollo nacional sostenible.

Toda producción de energía tiene efectos directos e indirectos en el medio ambiente. La reducción al mínimo de esos efectos podría requerir cambios institucionales en forma de políticas y reglamentos que guíen el desarrollo del sistema energético. La planificación del suministro de energía ayuda a determinar los recursos que se deben explotar; también influye en la dirección de las inversiones y la orientación del desarrollo tecnológico.

En el contexto del medio ambiente, el consumo también presenta muchos problemas, particularmente en esferas como el uso ineficiente de la energía, la utilización de combustibles y tecnologías de calidad inferior y la inexistencia de normas ambientales. El suministro de combustibles más limpios y tecnologías más eficientes a los consumidores debe estar acompañado de políticas y reglamentos ambientales eficaces y de los mecanismos correspondientes para hacerlos cumplir.

Las cuatro condiciones básicas que se pretenden lograr bajo un principio de desarrollo sustentable son los siguientes: (i) Necesidad de reducir las emisiones de GEI, (ii) Integración en gran escala, de fuentes de energía renovable (iii) Incrementar la eficiencia del sector eléctrico y (iv) Contribuir al desarrollo económico del país.

- Con respecto a la eficiencia, el desarrollo sustentable del sector eléctrico persigue reducir los costos de generación, transmisión y distribución sin sacrificar la calidad del servicio. En el caso específico de la generación se persigue mantener un alto nivel de confiabilidad y disponibilidad de las plantas, lo cual debería resultar en costos razonables de generación eléctrica.
- Con respecto a la reducción y/o mitigación del impacto ambiental, el desarrollo sustentable persigue el desarrollo de tecnologías y uso de fuentes energéticas que reduzcan el nivel de emisiones contaminantes en el aire y el nivel de descargas de contaminantes a los cuerpos de agua. Además, se persigue que se desarrollen proyectos de mitigación efectivos, todo esto orientado a preservar los recursos naturales y a mantener una alta calidad de vida del ser humano, tanto de las generaciones presentes como las futuras.

• Con respecto a la contribución al desarrollo económico, el desarrollo sustentable del sector eléctrico persigue que se dé un crecimiento económico sin sacrificar la calidad de vida de las generaciones futuras. El desarrollo económico debería de lograrse ofreciendo estabilidad al sistema eléctrico, estabilidad en los precios, reducción en los costos y contribuyendo a que se den otras inversiones locales y extranjeras, para que a través de estas inversiones se genere empleo y mayores ingresos en la economía.

4.5 ¿Qué son las redes inteligentes de energía?

Aunque la discusión sobre el tema es enorme, todavía no hay una definición "global" de lo que una red inteligente debe ofrecer.

Carnegie Mellon University ha publicado un artículo que describe que la idea de una red inteligente no es ni un concepto único claramente definido ni una sola tecnología. Más bien se trata de una cesta que contiene varias combinaciones. El contexto y la interpretación dependen del usuario. El artículo describe todas las combinaciones que normalmente se encuentran en esta cesta metafórica. Algunas de ellas representan innovaciones que se encuentran todavía en la fase de desarrollo, mientras que otras representan tecnologías que ya se han aplicado durante años (http://www.sei.cmu.edu/smartgrid/index.cfm, s.f.).

Las principales plataformas de redes inteligentes, han dado algunas definiciones oficiales. Los siguientes son los dos más relevantes:

4.5.1 Visión europea:

La tecnología de la plataforma de redes inteligentes europea, las define como redes eléctricas que se pueden integrar de forma inteligente al comportamiento y acciones de todos usuarios conectados a ella; generadores, consumidores y aquellos que hacen ambas cosas con el fin de obtener resultados que apunten a la eficiencia, sustentabilidad y seguridad en la provisión de la electricidad. (http://www.smartgrids.eu/, s.f.).

Una red inteligente cuenta con productos y servicios innovadores, junto a un inteligente seguimiento, control, comunicación y tecnologías de auto-salvamiento con el fin de:

- Mejorar/ facilitar la conexión y el funcionamiento de los generadores de todos los tamaños y tecnologías
- Permitir que los consumidores jueguen un papel en la optimización del funcionamiento del sistema
- Proporcionar a los consumidores una mayor información y opciones para la elección de la oferta
- Reducir significativamente el impacto medioambiental de todo el suministro de energía eléctrica sistema
- Mantener o incluso mejorar los altos niveles de fiabilidad del sistema existentes, la calidad y la seguridad del suministro
- Mantener y mejorar los servicios existentes de manera eficiente
- Fomentar la integración de los mercados hacia el mercado integrado europeo.

4.5.2 Visión americana (EE.UU):

El U.S. Department of Energy (DOE) Modern Grid Team ha definido algunas características de las redes inteligentes, estas incluyen (http://www.amsc.com/, s.f.):

- 1. Permitir la participación activa de los consumidores
- 2. Acomodar todas las opciones de generación y almacenamiento
- 3. Habilitación de nuevos productos, servicios y mercados
- 4. Optimización de los activos y operar de manera eficiente
- 5. Anticipar y responder a las perturbaciones de la red de una manera autónoma
- 6. Funcionamiento elástico contra ataques físicos/cibernéticos y desastres naturales
- Proporcionar calidad de la energía para la gama de necesidades en una economía digital.

Después de considerar estas dos visiones que servirán como referencia para demarcar el alcance en el concepto de smart grids, podemos definir que para efectos de este trabajo, una red inteligente será considerada aquella que posea:

- 1. Infraestructura automatizada de medición: la medición debe ser bidireccional entre el cliente y las empresas prestadoras del servicio.
- 2. Dispositivos automatizados distribución: los dispositivos deben permitir; mayor información sobre los flujos de energía y mayor flexibilidad operativa.
- 3. Confiabilidad de servicio aumentada en la red del lado de la entidad prestadora del servicio y políticas de ahorro y eficiencia energética por parte del usuario final.

4.6 Las Smart grids en el mundo y su implementación

Los avances y resultados en el desarrollo de smart grids en el mundo han sido más visibles en unos países que en otros, pues aunque existen muchos proyectos e investigaciones relacionados con el tema, su desarrollo es indiscutiblemente evidente en donde tales proyectos son ejecutados, como es el caso particular de Corea del Sur, en la Isla de Jejú.

4.6.1 Isla de Jejú

Para esta prueba pionera se planteó un macro proyecto en el desarrollo de smart grids, que implicaba desde la generación de energía hasta el usuario final en una "cadena inteligente" de principio a fin.

Inicialmente fue latente un problema del país, pues importaban el 97% de su energía y ocupaban los primeros puestos del ranking de importación de petróleo en el mundo, con el agravante de las altas tasas de crecimiento de consumo de energía. Fue en este punto donde se plantearon el reto de reducir las emisiones de dióxido de carbono al 30% para el año 2020.

Un punto a favor fue el compromiso gubernamental, pues asignaron el 2% del PIB para estimular proyectos verdes, y plantearon una Ley smart grids en 2010.

El proyecto inició en 2008, y comenzaron a designar a Corea como país líder en Smart grids en el G8. Para efectos del banco de pruebas de Jejú en 2010, se formó un consorcio.

Posteriormente se lanzó un mapa de ruta, y se pusieron en marcha las etapas del banco de pruebas.

El proyecto SG en Corea definió principalmente 5 dominios de las smart grids: smart power grids, smart renewables, smart transportation, smart market y smart consumer.

• Smart power grids (Transmisión Inteligente).

Consiste especialmente en instalar sensores en la etapa de transmisión de la energía, permitiendo la adquisición de datos de la red y todo lo referente a las comunicaciones de la misma. Además de subestaciones inteligentes, donde los dispositivos electrónicos inteligentes son los principales actores. Seguido a ello, la distribución inteligente soportada en un software SCADA (control de supervisión y adquisición de datos, por sus siglas en inglés) el cual permite controlar y supervisar procesos a distancia.

Este primer dominio (smart power grids) no está contemplado en el alcance de este trabajo dado que no responde a una participación directa del usuario final sino que tiene que ver con la infraestructura de la red.

Smart renewables (Renovables Inteligentes).

Se fundamenta en aumentar la penetración y aumentar la autosuficiencia en renovables, estabilizando la variabilidad de la energía eólica con sistemas de gestión de la energía – EMS (sistema de gestión de la energía, por sus siglas en inglés), con predicción del recurso, la carga, optimización, sistemas de visualización, simulación y control; y sistemas de gestión de la potencia. Además de la implementación de micro redes de diferentes maneras, sea sin renovables, con renovables, aisladas o interconectadas.

Smart transportation (Transporte Inteligente).

Tiene como meta para el 2030, alcanzar en todo el país los 2.5 millones de vehículos eléctricos con 27.000 estaciones de carga, mediante el desarrollo de tecnología de partes y componentes como motores, baterías, entre otros, infraestructura de carga como cargadores convencionales y rápidos, y tecnología vehículo a la red (V2G).

Smart market (Mercado inteligente).

Tiene como meta a 2020 que los usuarios puedan seleccionar su propio plan tarifario y a 2030 que el 30% de los usuarios participen del mercado. Para que esto sea posible se apoyan en la información de precios en tiempo real – RTP (real Time pricing, por sus siglas en inglés), la gestión de la demanda DR (demand response) y en proveer servicios adicionales a través de las telecomunicaciones.

Smart consumers (Consumidores inteligentes).

Se plantea la meta de reducir a 2030 un 10% la demanda y reemplazar a 2020 todos los medidores análogos por inteligentes, impactando de esta manera los productos (medidores inteligentes, electrodomésticos, renovables y almacenamiento), las soluciones (plataformas inteligentes, DMS – sistemas de gestión de datos, EMS – sistemas de gestión de la energía y seguridad), las redes (alámbrica e inalámbrica, link con los servicios bancarios) y los

servicios (medición inteligente, eficiencia y cuidado de la energía, convergencia). (Isaac, 2012).

En la siguiente figura se puede visualizar el horizonte que plantea este proyecto a 20 años, desde los diferentes dominios:

Fase 1 (2010-2012) Fase 2 (2013-2020) Fase 3 (2012 -2030 ransmisión Inteligente esarrollo urbano del Operación de la red basada en desarrollo inteligente a nivel transporte eléctrico nteligente ecnológico nacional Desarrollo de la Infraestructura avanzada nfraestructura de nfraestructura de de medición basada en información de precios medición avanzada la comercialización de la en tiempo real red adquisición de esarrollo de la cnologías V2G neralización del infraestructura de carga Vehículo a la red y VPP servicio de transporte Central eléctrica virtual Desarrollo y Nuevas energía Adquisición de enovables de gran emostración de la tecnologías vinculadas plataforma de escala soportadas en el nuevas energías eneración de desarrollo de enovables inteligentes renovables inteligentes infraestructura Respuesta de los Desarrollo del sistema mercialización de del sistema operativo de de comercialización de electricidad integrada y la demanda en tiempo energía inteligente esarrollo de servicios real Infraestructura Usuario Verificación técnica y Incorporación y Consolidación operativa expansión

Tabla 2- Dominios de las Smart grids- Isla Jejú

4.6.2 Ciudades inteligentes en el mundo

Ciudades inteligentes en España:

Como es evidente, el proyecto de Jejú es uno de los más avanzado en el mundo, sin embargo hay otros países como los del continente europeo, que también se han interesado en el desarrollo de las smart grids e introducen además una iniciativa Ilamada smart city (ciudades inteligentes). En el mapa tecnológico de "ciudades inteligentes" el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, y el IDEA Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía del mismo país (2011), plantea que esta iniciativa de ciudades inteligentes se centra en la problemática de sostenibilidad de las ciudades actuales y, más específicamente, de los sistemas energéticos (European Commission, 2010). En este caso, una Smart City se define implícitamente como una ciudad que mejora la calidad de vida y la economía local, avanzando hacia un futuro bajo en emisiones de GEI.

Una smart city tiene tres características principales que hacen referencia al: cuidado del medio ambiente y correcto uso de las TIC, apuntando así a un desarrollo sostenible. En el Observatorio Tecnológico de la Energía, del Mapa Tecnológico Ciudades (Octubre, 2011) muestran en detalle los proyectos más representativos que giran en torno al tema de ciudades inteligentes:

• Proyecto Smart City Malta:

Se desarrolla en el emplazamiento de Ricasoli Industrial Estate en Malta. Comenzó en 2006 y sigue en curso. El proyecto incluye un desarrollo que comprenderá zona de oficinas, zona residencial, ocio, hoteles y otras instalaciones e infraestructuras, con un mínimo de 103.000 m2 de espacio de oficinas, y con 8.000 m2 de área bruta construida. Se está desarrollando teniendo en cuenta los siguientes campos de actuación: energía, transporte, materiales de construcción, contexto local, social y económico. La inversión mínima estimada son 300 millones de dólares.

Proyecto Smart City Málaga:

La zona elegida para implantar smart city es el Paseo Marítimo de Málaga. Comenzó en 2009 y sigue en curso. Es un proyecto pionero donde se aplican nuevos sistemas y tecnologías para reducir el consumo eléctrico implicando a 300 clientes industriales, 900 de servicios y 11.000 clientes residenciales. Se pretende conseguir una integración óptima de las fuentes renovables de energía en la red eléctrica, acercando la generación al consumo a través del establecimiento de nuevos modelos de gestión de micro-generación eléctrica. El proyecto tiene previsto instalar nuevos contadores inteligentes desarrollados en el marco de la tele gestión para hacer posible un consumo eléctrico más sostenible. Además, la instalación de sistemas avanzados de telecomunicaciones y telecontrol permitirán actuar en tiempo real y de forma automática sobre la red de distribución, haciendo posible una nueva gestión de la energía y potenciando la calidad del servicio. El presupuesto para este proyecto es de 31 millones de euros.

Ciudades inteligentes en EEUU:

Proyecto Smart Grids City:

Situado en Boulder, Colorado. Inició en el año 2008. Este proyecto se basa fundamentalmente en el desarrollo de una red inteligente que dará cobertura a mil usuarios, a la que se le irán añadiendo otros elementos como los vehículos eléctricos. La red inteligente crea la columna vertebral que soportará el resto de sistemas. Los medidores inteligentes son un enlace fundamental entre las viviendas y la red. Estos dispositivos recogen los datos de consumo eléctrico y la página web "MyAccount" facilita información detallada a los usuarios sobre su comportamiento energético. Los dispositivos empleados son termostatos y enchufes "inteligentes" con capacidad de comunicarse con la red. Como próximos pasos se propusieron las siguientes actividades complementarias: pruebas con diferentes "home energy devices" (dispositivos de energía en el hogar), uso de diferentes tarifas eléctricas según la franja horaria y pruebas en carretera de vehículos híbridos eléctricos enchufables, entre otros.

El presupuesto total es superior a 100 millones de dólares. Financiado en gran medida por la "Colorado Public Utilities Commission" (comisión de servicios públicos de Colorado).

• Proyecto Samrt Grids Ohio:

Desarrollado en Ohio, desde el año 2007. Este proyecto se basa en crear un sistema de comunicaciones bidireccional entre la empresa eléctrica (AEP – American Electric Power) y los consumidores, lo que permite un uso más eficiente de la electricidad. AEP Ohio cambió los contadores eléctricos tradicionales por nuevos contadores digitales en 2010, (un total de 110.000 contadores eléctricos). Durante el proyecto se pretende probar otras tecnologías como: vehículos híbridos eléctricos "enchufables", sistemas de almacenamiento comunitario de energía, elementos de generación distribuida (70 kW en paneles fotovoltaicos), elementos web y dispositivos informativos, etc. El objetivo es cuantificar el impacto de dichos elementos en la red eléctrica inteligente. El objetivo principal es instalar cinco millones de contadores inteligentes para el año 2015. A demás busca determinar si los gastos de estos dispositivos superan los beneficios a obtener. El presupuesto del proyecto se sitúa en torno a los 150 millones de dólares, con una ayuda de 75 millones de dólares recibida del Departamento de Energía de EE.UU.

4.7 Las Smart grids en América Latina y su implementación

La información obtenida y objeto de análisis en este trabajo ha sido relevada de las fuentes que a continuación se enumeran y sobre las cuales se hace una descripción de sus contenidos más relevantes:

• Colombia Inteligente:

El concepto de redes inteligentes actualmente está acaparando la atención del sector eléctrico en todo el mundo y su implantación se está planeando o está en plena ejecución en especial en los países desarrollados. En Colombia, la mayoría de empresas eléctricas ya empezaron a estudiar este tema a fondo desde el punto de vista teórico y práctico y algunas de ellas ya están efectuando los análisis de factibilidad pertinentes, para definir el alcance y las mejores formas de aplicar los conceptos en este tema, en caso de encontrarlo atractivo.

A finales de 2010 las empresas y entidades: **XM** (filial de ISA, empresa de transmisión en Colombia, especializada en la gestión de sistemas de tiempo real), **CON** (Consejo Nacional de Operación), **CAC** (Comité Asesor de Comercialización), **COCIER** (organismo colombiano que propende por la integración de las empresas y entidades del sector eléctrico), **CIDET** (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico) y **CINTEL** (organización que promueve la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico del sector de las TIC) consolidaron una propuesta cuyo objetivo es establecer concertadamente con las principales empresas e instituciones del sector eléctrico y demás actores relacionados, un marco de lineamientos, políticas y estrategias para el desarrollo del sector, utilizando donde sea aplicable una estrategia de redes inteligentes orientada a la generación de valor y a la solución de retos que enfrenta el sistema eléctrico colombiano.

A partir de entonces surge la iniciativa **COLOMBIA INTELIGENTE** que responde a la necesidad de coordinar movimientos que a nivel mundial analizan, promueven y desarrollan soluciones novedosas en el sector eléctrico que atienden a retos tales como el calentamiento global utilizando por ejemplo mecanismos de energías renovables y

eficiencia energética apoyados en tecnologías de comunicaciones para minimizar el impacto en el medio ambiente y usando medios que optimicen el uso de la energía. En esta forma la iniciativa reconoce que el sector eléctrico debe articularse en una forma importante con otros sectores, por ejemplo transporte para lograr resultados positivos de mayor impacto para el país.

Al interior del sector eléctrico la iniciativa se formuló como un foro de discusión amplio que promueve la búsqueda de soluciones para toda la cadena desde la generación hasta el consumo final basadas en la búsqueda de un mejor desempeño que redunde en un mejor servicio a los usuarios, utilizando donde sea justificable tanto técnica como económicamente nuevas propuesta tecnológicas que superen los beneficios de tecnologías convencionales.

• Redes inteligentes Brasil:

El Programa Brasileño de Red Inteligente, responde a la Norma 011/2010 de ANEEL emitida en julio de 2010, que tuvo como proponente a la empresa de distribución de energía, Cemig y la cual fue apoyada por 36 concesionarias más de distribución.

En este sitio se encuentra contenida toda la información principal sobre el proyecto estratégico de smart grids para el sector eléctrico brasileño.

El objetivo de esta iniciativa es la preparación de una propuesta para el Plan de la Red Inteligente de Brasil con el fin de llevar a cabo la migración tecnológica del sector eléctrico brasileño desde la etapa actual, hasta la adopción plena del concepto de redes inteligentes en todo el país, el cual contiene:

- Definición de funciones y conceptos asociados a las necesidades de desarrollo de Brasil.
- 2. Definición y normalización de las tecnologías y metodologías que serán adoptadas.
- 3. Definición de las políticas públicas de I + D, industriales y de financiamiento; asociadas a esta migración, incluyendo el desarrollo de equipos y servicios de la cadena y el direccionamiento para establecer los lineamientos tecnológicos que serán implementados.
- 4. Adecuación de las leyes y reglamentos necesarios para la plena adopción del concepto.
- 5. Recomendación de medidas para resolver las deficiencias de la estructura actual, sobre los aspectos técnicos, tecnológicos y regulatorios, que deben ser entendidos como premisas para la adopción del concepto de redes inteligentes.
- 6. Elaboración del programa brasileño para el despliegue de redes inteligentes;
- 7. Preparación de un programa de formación de mano de obra para el sector eléctrico brasileño; en todos los niveles (primaria, secundaria y superior).
- 8. La participación de los diferentes actores en el sector privado.

Acuerdo de Cooperación DOE-Secretaría de Energía de Argentina:

En Abril de 2010 el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios firmó con el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) un Memorando de Entendimiento sobre cooperación en energías limpias y renovables.

En ese marco se constituyó el Grupo Binacional de Trabajo Argentina - Estados Unidos (BEWG sus siglas en inglés), el cual tiene 4 subgrupos de trabajo: (a) energía eólica, (b) redes inteligentes, (c) gas no convencional (shale gas), (d) energía nuclear para uso civil.

En cuanto a lo que concierne a redes inteligentes, en el año pasado se dieron los siguientes pasos:

- a. Constitución de un grupo de trabajo entre Secretaría de Energía, CAMMESA, INTI, y ADEERA para estudiar todas las cuestiones relacionadas con las redes eléctricas inteligentes.
- b. Se organizó un seminario en el marco del Grupo de Trabajo Binacional en Energía entre Estados Unidos y Argentina (BEWG) sobre actualidad y perspectivas de las redes inteligentes en Argentina y EE.UU, organizado en el mes de Septiembre del 2012.
- c. El objetivo de estas jornadas fue el de conocer el estado de situación sobre el desarrollo de las redes eléctricas inteligentes, ya sea desde el punto de vista de las demandas como de los proveedores de equipos y servicios.
- d. La participación de especialistas y proveedores de Argentina y Estados Unidos permitió obtener un detallado panorama del desarrollo de las redes eléctricas inteligentes en ambos países, ampliando las posibilidades del Grupo de Trabajo Binacional.

Actualmente el DOE puso a disposición el envío de un especialista en redes inteligentes, el cual será de mucha utilidad para el diseño de los primeros proyectos pilotos a desarrollarse en el país.

5. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Para recopilar la información que permitió elaborar este estudio, se ha verificado la información obtenida de una serie de plataformas de electricidad que los diferentes países han dispuesto para compilar todas las estrategias, desarrollos y debates acerca del desafío que les representa la implementación de las smart grids.

Para un examen preliminar, la información sobre los diferentes países ha sido seleccionada rigurosamente de un número importante de referencias encontradas en las bases destinadas a smart grids; en el caso de Colombia gran parte de la información relevada, ha sido extraída del portal "Colombia Inteligente", para Brasil la información recabada se encontró disponible en el portal "Redes inteligentes Brasil" y finalmente para Argentina se usó como referencia principal la información contenida en la página de la secretaría de energía "http://www.energia.gov.ar". Adicional a las fuentes anteriormente mencionadas, se usaron como fuentes de consulta tres documentos de relevante importancia para este trabajo: (i) Arronte Arroyuelos N. "Smart grids Benchmarking- Tesis de Maestría Universidad de Comillas". (ii) International Energy Agency "Technology Roadmap-Smart grids"; (iii) Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina "Perfil de propuesta: Desarrollo de sistemas de redes inteligentes de transmisión y distribución de electricidad, con interconexión de generación con fuentes renovables de energía, y/o mejoramiento de la eficiencia de las redes eléctricas existentes"

Una vez relevado y analizado el estado del arte, compararemos la situación actual en términos de implementación de smart grids en estos 3 países suramericanos con el modelo

de Roadmap⁴ que después del análisis del contexto internacional sobre este tema, propone este documento, el mismo será desarrollado a lo largo de este capítulo.

Serán expuestos los principales avances y las principales debilidades durante el proceso de implementación de las SG para cada uno de los países bajo análisis, considerando los 5 indicadores definidos como fundamentales, para efectos de este documento, para considerar una red como inteligente, los que son listados a continuación:

- Regulación
- Generación distribuida
- Vehículo eléctrico
- Smart metering
- Calidad de energía

Finalmente este documento pretende aportar como conclusión una serie de consideraciones en relación a la situación actual de cada uno de los países, que permita pensar en un proceso de inserción de las smart grids en la región de manera transversal, unificando conceptos e integrando tecnologías, teniendo en cuenta todas las barreras y/o ventajas de implementación de los diferentes escenarios.

5.1 BENCHMARKING DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS SMART GRID EN LATINOAMÉRICA

5.1.1 COLOMBIA:

De acuerdo con ejercicios similares y experiencias internacionales, se hizo una propuesta para estructurar el mapa de ruta, con base en cinco componentes principales: situación inicial, visión, objetivos, áreas de enfoque y fases de desarrollo.

Para estudiar los temas que componen el negocio eléctrico, se propusieron cinco áreas de enfoque principales, de acuerdo con la estructura propia del negocio: transmisión, generación, distribución, comercialización y áreas de soporte.

⁴ Roadmap: Podría traducirse como (hoja de ruta) y es una planificación del desarrollo de una tarea específica con los objetivos a corto y largo plazo, y posiblemente incluyendo unos plazos aproximados de consecución de cada uno de estos objetivos.



Figura 13- Estructura Colombia Inteligente

Como consolidación de los talleres realizados por Colombia Inteligente y así mismo el trabajo previo de todos los entes vinculados, se obtiene el siguiente mapa de ruta para la implementación de las redes inteligentes en Colombia y sus respetivas fases de desarrollo:

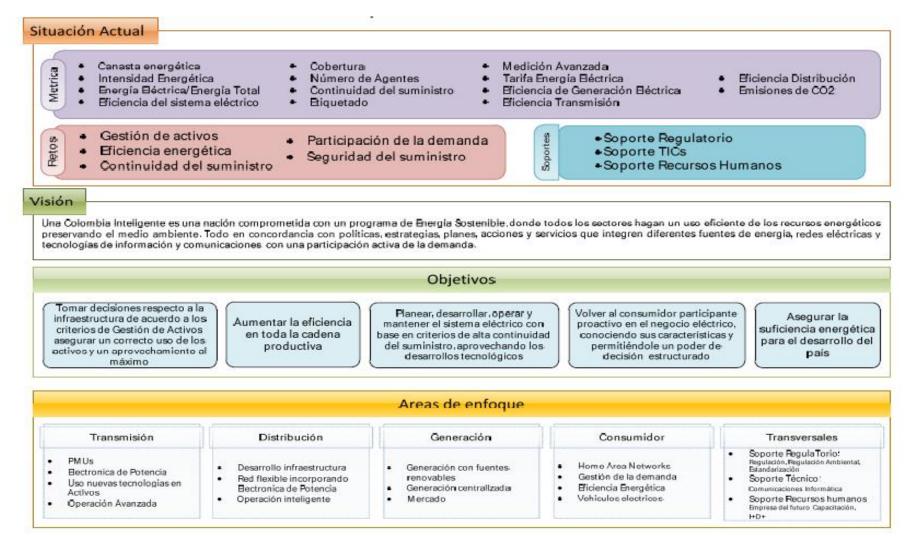


Figura 14- Mapa de Ruta Smart grids Colombia

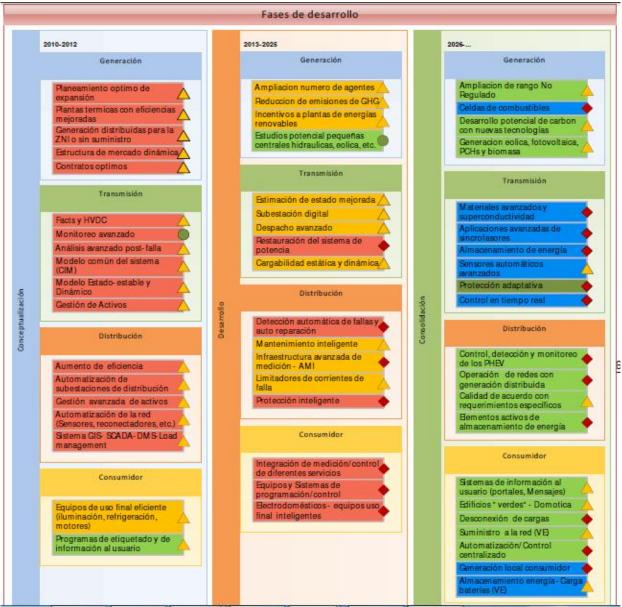
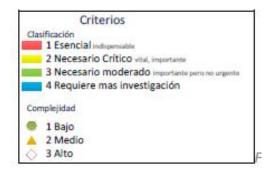


Figura 15- Fases de desarrollo de las Smart grids en Colombia



De los gráficos anteriores se intuye que las tareas más esenciales se encuentran casi todas resumidas en la etapa de conceptualización, etapa que comprendía la consolidación de tareas entre los años 2010 – 2012. Actualmente el sector eléctrico colombiano, avanza en la fase de desarrollo de las tareas que refieren a la incorporación de las smart grids al sistema eléctrico actual. Dicha fase se proyecta hasta 2026, año en el cual debería quedar consolidado todo el sistema de redes inteligentes en Colombia.

Tal como ha sido planteado en los objetivos de este trabajo y así mismo en la metodología de implementación, analizaremos en las siguientes páginas el estado actual de cada uno de los ítems objeto de análisis de este documento y que hacen parte fundamental de la evolución de las redes eléctricas hacia las smart grids:

1. Regulación:

En (Botero, 2013), los autores encontraron que: "En general, las experiencias exitosas en proyectos con tecnologías alternas de energía muestran que se requiere de un compromiso del Gobierno a través de la implantación de políticas y medidas regulatorias para promover la inversión en estos proyectos, tal como se evidencia en los países europeos y norteamericanos". Como se menciona también en el technology roadmap smart grids, "Debido a la complejidad del sistema, el mercado por sí solo no va a implementar las smart grids en la escala que es necesaria, sino que se necesita asociación de los sectores públicos y privados principalmente en términos de inversión y políticas favorables para la tecnología". (Intenational Energy Agency, 2011).

Y para analizar lo que pasa en Colombia con este tipo de legislación escogieron una definición que propone el Ministerio de Ciencia y tecnología de China, cuando clasifica algunos instrumentos políticos para promover este tipo de proyectos, como políticas obligatorias, económicas, de investigación y desarrollo y de gestión y operación. Encontraron así que en Colombia existen instrumentos de regulación y reglas generales, créditos tributarios, exenciones o reembolsos, investigación y desarrollo y electrificación rural:

- Poca claridad en las leyes: para el primero de los instrumentos identificados, regulación y reglas generales, se identificó que en Colombia se creó la Ley 697 del 2001 o llamada Ley del uso racional y eficiente de la energía, y aunque pareciera que se decide introducir energías renovables en el sector energético, no es clara la regulación para incentivar la realización de proyectos con esta temática.
- Desventaja entre nuevas tecnologías y antiguas: además se encuentra la Ley 142 que exige que las empresas busquen las mejores condiciones objetivas para satisfacer la demanda. Se habla así de neutralidad tecnológica, es decir que en Colombia no se puede dar incentivos ni privilegiar tecnologías renovables que no sean por mérito en competitividad de costos, escogiendo siempre el de menor precio. Y aquí las nuevas energías renovables se encuentran en desventaja, sobre todo por temas de infraestructura y de inversión inicial.
- Desde el segundo instrumento, créditos tributarios, exenciones o reembolsos, los autores encuentran que en Colombia existe la Ley 788 de 2002: En su artículo 18 establece que son rentas exentas del impuesto de renta las generadas por los siguientes conceptos: ventas de energía eléctrica generada con base en recursos eólicos, biomasa

- o residuos agrícolas, realizada únicamente por las empresas generadoras, por un término de 15 años, siempre que cumplan los siguientes requisitos:
- a. Tramitar, obtener y vender certificados de emisión de dióxido de carbono, de acuerdo con los términos del protocolo de Kyoto.
- b. El 50% de los recursos obtenidos por la venta de dichos certificados sean invertidos en obras de beneficio social en la región donde opera el generador.

Posteriormente, en el año 2003 se expide el Decreto 2755 de 2003 que reglamenta el artículo 207-02 de esta Ley del Estatuto Tributario, en donde se establece la exención de renta por un período de 15 años, contados a partir del 1º de enero de 2003, para la empresas generadoras de energía eléctrica a partir de los recursos eólicos, biomasa o residuos agrícolas e igualmente establece los requisitos que deben cumplirse para acceder a dicho beneficio.

- Ley 383 de 1997 Art. 31. Las transacciones realizadas a través de la bolsa de energía en ningún caso están sometidas a retención en la fuente.
- Iniciativas públicas y privadas: ahora bien, desde las políticas de investigación y desarrollo en el país, el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia (Colciencias) es el que mejor cabe en esta categoría, y este instituto a su vez tiene convenio con empresas del sector energético para financiar estudios relacionados con fuentes alternas de energía. Algunas de estas entidades pertenecen al sector público, pero también hay otras en el sector privado. Por lo que no es iniciativa netamente del Gobierno, sino que se depende igualmente de la voluntad de estas entidades.
- Finalmente, desde el instrumento de electrificación rural en Colombia, se tiene establecido un fondo especial, llamado Fondo de Atención a las Zonas No Interconectadas FAZNI, y se creó porque estas zonas no se pueden atender como un mercado eléctrico convencional dadas las condiciones sociales. En este tipo de proyectos se amplía lo posibilidad de efectuar un sistema de generación distribuida, con la implementación de energías no convencionales, porque no se presentan conflictos de intereses, y la inversión inicial que se requiere no se espera que retorne de igual manera que cuando se hace bajo un modelo de negocio en zonas interconectadas.

Se evidencia pues que desde la regulación colombiana existen dificultades para implementar un esquema de smart grids, pues en Colombia la estructura y la legislación están pensada desde la generación a gran escala, donde los marcos regulatorios no consideran la posibilidad de la generación distribuida, sino centralizada.

Es notable el escepticismo con proyectos pensados de manera no tradicional, pues se cree que el mercado puede tomar mucho tiempo en asimilarlos, demorando los retornos de inversión.

Si se encuentran inversionistas de tipo privado, no existen suficientes mecanismos regulatorios que den seguridad a tales inversionistas.

Y en último lugar, pero no menos importante, debido a la estructura que presenta el mercado eléctrico colombiano, y sus limitados agentes activos, es muy probable que se presente un conflicto de intereses de los actores, particularmente con los operadores de red. (Hernández, 2009), pues cada uno de ellos tiene muy clara su razón de ser, y el papel que juega en el mercado. A demás porque el esquema legal los separa de sus actividades.

Contrario a lo que pasa en Colombia, los Gobiernos de los países impulsores de smart grids son decisivos en las políticas para promover este desarrollo, y algunos ejemplos son: (i) Francia, con la expedición de un decreto de medidores inteligentes en septiembre de 2010 que exige la instalación del 95% de contadores inteligentes en 2016; (ii) Alemania, quien en enero de 2010 lanza la ley que estipula la instalación de contadores inteligentes en edificios de nueva construcción, reconstrucción, o por solicitudes de los clientes; (iii) Finlandia, al promover el despliegue completo de contadores inteligentes que se debe completar antes de 2014; (iv) En Reino Unido donde el Gobierno dio el mandato a las empresas para la implantación de medidores inteligentes de electricidad y de gas entre 2012 y 2020; y (v) España, donde el Decreto 1110/2007 y la Orden Ministerial 2860/2007 obliga a sustituir todos los medidores electromagnéticos por contadores inteligentes antes del 31 de diciembre de 2018. (Díaz, 2012).

En conclusión las barreras de tipo político para la implementación de smart grids en Colombia están asociadas a la falta de implementación de políticas que favorezcan la tecnología, las políticas regulatorias y económicas que la contemplen, la seguridad para inversionistas y los conflictos de intereses entre los entes involucrados.

2. Generación distribuida:

La recientemente sancionada Ley 1715 de 2014 es el marco desde el cual el país se encamina al uso e implementación de estas fuentes no convencionales.

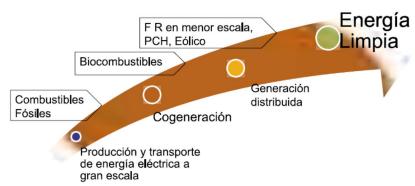


Figura 16- Tendencias en Colombia hacia las Energías renovables

Capacidad Efectiva Neta – CEN 2012 Hidráulic as 64% Térmicas 31% Otras 5%

Figura 17- Matriz energética colombiana año 2012

Para empresas Públicas de Medellín (EPM), "Colombia tiene la ventaja de contar con un enorme potencial para el aprovechamiento de energías renovables en el campo hidroeléctrico, gracias a su riqueza en fuentes de agua en gran parte de su territorio. De hecho, hoy cerca del 80% de su sistema de generación proviene de ellas, lo que permite disponer de una energía almacenable, económica, firme y confiable", a lo que agrega que, "por su estratégica posición en el trópico y en el sistema montañoso de los Andes, tiene un potencial en energías como la eólica, la solar y la geotérmica" (Revista Portafolio.co, 2014).

En Colombia la producción de energía primaria proviene de la hidroelectricidad, por la abundancia de agua en la mayoría de zonas del país, y en un segundo lugar de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), cuyas reservas ya se están agotando.

Por eso el Gobierno Nacional en los últimos años ha invertido en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas de producción de energía, que funcionen con recursos renovables, para solucionar el problema de la crisis energética mundial y contribuir al medio ambiente más limpio.

El programa de energía limpia para Colombia (CCEO, por sus siglas en inglés), de la Agencia de Estados Unidos para el desarrollo internacional (USAID) apoya proyectos de desarrollo, asistencia técnica y financiamiento para estimular la inversión en la generación de electricidad con el uso de fuentes de energía renovable.

Entre ellos se destaca la implementación de un proyecto de biogás en Fredonia (Antioquia) con cerdos y porcinos para sustituir el consumo actual de gas licuado de petróleo (GLP) por biogás generado a partir de un sistema de digestión anaeróbica, que procesará el estiércol de cerdo, y cuyos principales beneficios son la reducción de la s emisiones de gases de efecto invernadero, el uso del sustrato obtenido en el digestor como fertilizante y el ahorro de consumo del GLP.

Uno de los focos de este programa consiste en aumentar el acceso a fuentes de energía renovable a zonas no interconectadas del país o marginadas.



Figura 18- Zonas Interconectadas y Zonas no Interconectadas de Colombia

En este; se destacan tres proyectos de electrificación rural en Nuquí: (i) Arusí-Partadó-Termales Micro central hidroeléctrica Aguas Claritas; (ii) Joví-Coquí— Gasificación biomasa cultivada; (iii) Interior Río Panguí: El Yucal — Micro central hidroeléctrica El Yucal.

El potencial a lo largo de todo el territorio Colombiano para la implementación de las ER es alentador, a continuación se enumera por cada tipo de fuente, la expectativa de generación.

Energía solar:

En Colombia se podría generar en mayor escala en las zonas del Magdalena, La Guajira, San Andrés y Providencia.

Tabla 3- Potencia solar en Colombia 2014.

REGIÓN	kWh/m²/año
Guajira	2.190
Costa Atlántica	1.825
Orinoquia	1.643
Amazonia	1.551
Andina	1.643
Costa Pacifica	1.278

Energía eólica:

En Colombia la zona norte cuenta con las mejores potencialidades para generar este recurso. Por ejemplo, en la Alta Guajira, Empresas Públicas de Medellín (EPM) puso en

funcionamiento el primer parque eólico, Jepirachí, con 15 aerogeneradores que aportan 19.5 megavatios al Sistema Interconectado Nacional.

Tabla 4- Potencial Eólico en Colombia 2014.

RANGO VIENTOS	SITIO	DEPARTAMENTO
5 m/s o más persistentes en el año	Galerazamba	La Guajira
	Gacheneca	Boyacá
	San Andrés isla	San Andrés en mar caribe
De 4 a 5 m/s persistentes en el año	La Legiosa	Huila
	Isla de providencia	San Andrés en mar caribe
	Riohacha	La guajira
Persistentes en ciertas épocas del año y a ciertas horas	Villa Carmen	Boyacá
	Obonuco	Nariño
	Cúcuta	Norte de Santander
	Ábrego	Norte de Santander
	Urrao	Antioquia
	Soledad	Atlántico
	Santa Marta	Magdalena
	Bucaramanga	Santander
	achique	Tolima
	Bogotá	Cundinamarca

Energía de biomasa:

En Colombia se tienen estudios de producción de biomasa con el bagazo de la caña, los cuales estiman una producción anual de 1.5 millones de toneladas y con el uso de cascarilla de arroz, dichos estudios estudian una producción de más de 457.000 toneladas al año. Las zonas más adecuadas para generar esta energía son los Santanderes, los Llanos Orientales y la Costa Atlántica.

Energía geotérmica:

El Atlas Geotérmico de Colombia destaca como zonas de mayor potencialidad los volcanes Chiles - Cerro negro, el volcán Azufral en el departamento de Nariño, El Parque Nacional de los Nevados y el Área Geotérmica de Paipa - Iza Boyacá.

Empresas Públicas de Medellín (EPM), ya lleva a cabo investigaciones en geotermia, en el Nevado del Ruíz, donde ha perforado un pozo exploratorio y en donde se realizan actualmente estudios que buscan analizar su potencial energético.

Finalmente la proyección en cuanto a la composición del parque de generación y la situación actual del mismo, se puede ver en los siguientes gráficos; en donde se evidencian

los porcentajes de participación de las diferentes fuentes de generación para 2018, en comparación con el escenario de 2012.

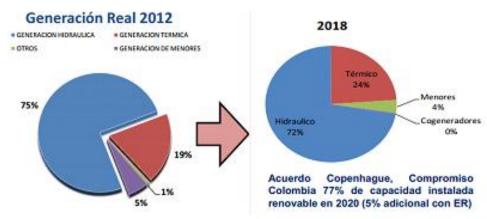


Figura 19- Panorama energético en Colombia 2012 vs 2018

3. Vehículo eléctrico:

La energía eléctrica se encuentra disponible en todos los departamentos y regiones del país, sin embargo para cargar automóviles es indispensable contar con la capacidad de la red necesaria y los equipos adecuados para hacerlo. Una carga rápida para vehículos requiere de una infraestructura que demanda mover una gran cantidad de energía de la red, mayor nivel de complejidad y un alto costo de inversión inicial en comparación a la de una carga lenta.

La mayor parte de la energía generada en Colombia proviene de plantas hidroeléctricas, que son consideradas como fuentes de energía limpia. Por lo tanto, un incremento en la demanda de energía eléctrica debida al uso de vehículos eléctricos, tendría un efecto positivo para la economía del país sin afectar el medio ambiente.

a) Capacidad instalada:

El suministro eléctrico nacional depende del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y algunos sistemas aislados en las Zonas No Interconectadas (ZNI). El SIN comprende la tercera parte del territorio nacional, brindando suministro al 96% de la población. Las ZNI cubren las dos terceras partes restantes del territorio nacional, brindando servicio al 4% de la población (Ministerio de Minas y Energía, s.f.). De acuerdo con el SIN la capacidad instalada al finalizar el año 2011 fue de 14,420 MW con un crecimiento respecto al 2010 de un 8,5%.

b) Cobertura y demanda eléctrica:

En Colombia la cobertura eléctrica es del 99,8% en zona urbana y 89,4% en zonas rurales, un total a nivel nacional de 97% de los hogares Colombianos poseen el servicio de energía eléctrica. Las zonas que se encuentran fuera del sistema interconectado plantean condiciones de electrificación especialmente difíciles, así como importantes insuficiencias en cuanto a dotación de servicio y su capacidad instalada se basa en plantas diésel que en su mayoría no superan los 100 kW de potencia (Ministerio de Minas y Energía, s.f.)

La demanda de energía eléctrica varía durante períodos similares de 24 horas. En horas pico la demanda es mayor mientras que en horas valle (noche) es menor. Por tanto las infraestructuras de generación y transporte de energía eléctrica deben dimensionarse para suministrar la demanda pico aunque en horas valle el sistema se encuentre sobredimensionado.

La capacidad de carga de las baterías utilizadas para aplicaciones en vehículos eléctricos varía de unos 15 a 30 kWh o lo que es equivalente a la energía suficiente para mantener encendida una bombilla de 100 W durante 300 horas. La recarga de la batería de un EV se puede realizar en minutos u horas ya que suplir 30 kWh se puede realizar de forma rápida o lenta. Si se quisiera realizar una recarga rápida (15 min) se necesitaría una potencia de 60 a 120 kW y para el caso de una recarga lenta (6 horas) se necesitaría una potencia de 2,5 a 5 kW. (Sandy M. FORTICH, 2013)

c) Requerimientos estructurales:

Los vehículos eléctricos híbridos enchufables están tomando la delantera en el mercado siendo mucho más atractivos que los netamente eléctricos a baterías.

Cerca del 89% de los vehículos de tracción eléctrica en USA pertenecen a la familia de los híbridos enchufables, seguido por los híbridos no conectables con un 8%, por último los eléctricos puros a batería con tan solo un 3%, estas cifras dan idea de los posibles escenarios que se podrían presentar en Colombia en cuanto a la adquisición de vehículos con tracción eléctrica.

Es importante tener en cuenta que para llevar a cabo los cambios estructurales necesarios para poner a rodar vehículos eléctricos, se debe contar con un presupuesto inicial que muestre los costos de implementación. Debido a que la tecnología de vehículos eléctricos y su infraestructura de carga se encuentran en desarrollo continuo, actualmente los costos asociados a su implementación son elevados.

La masificación de los vehículos eléctricos no solo se limita a la implementación de estaciones de carga, sino también a sistemas de control inteligente que optimicen el proceso de carga. Los sistemas de interconexión de energía en Colombia pueden tener más de 30 años, lo que implicar que es necesaria una revisión y actualización, con la intención de volverlo más eficiente, confiable y flexible a nuevas fuentes de energía.

Pese a los desafíos que supone esta tecnología, en Colombia se avanza con paso firme al respecto y, dentro del contexto latinoamericano, este es uno de los países con mejor escenario para llevar adelante un proyecto de masificación de este tipo de tecnología, las razones principales a continuación son detalladas:

- Capacidad de autoabastecimiento energético en el largo plazo y uso de una infraestructura eléctrica nacional confiable
- Generación limpia (mayoritariamente hídrica)
- Uso de un energético con una menor volatilidad de precio respecto del petróleo
- Innovación y desarrollo empresarial

Además con la intención de promover la comercialización y el uso de los vehículos eléctricos, en Colombia se han adoptado algunos incentivos para tal fin:

- No existe restricción de movilidad por número de patente para los vehículos eléctricos (pico y placa).
- En el 2011 se expidió el Decreto 4931 que otorgaba 161 cupos libres de arancel hasta el año 2012.
- En el año 2013 fue aprobada la solicitud de reducción del arancel que había sido presentada en 2012 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Mads) al Comité Triple A (Comité de Asuntos Aduaneros y Arancelarios del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo). Para atender dicha solicitud, el Confis aprobó la reducción de arancel de 35 por ciento a 0 por ciento a 750 vehículos eléctricos por año (buses, camiones, taxis, automóviles, camperos y camionetas) durante 3 años y del arancel de 35 por ciento a 5 por ciento a 750 vehículos híbridos enchufables de menos de 3 litros, por año, (taxis, automóviles, camperos y camionetas) por un periodo de 3 años. (Portafolio, 2013)
- En 2013 también fue aprobada la importación de 100 electrolineras por año, hasta 2016, con 0 por ciento de arancel. (Portafolio, 2013)
- Exención del impuesto de consumo en la reforma tributaria para vehículos eléctricos no blindados (art.75 Ley 1607 de 2012)

Actualmente en Colombia, se desarrollan una serie de proyectos liderados principalmente por Codensa y EPM, las principales distribuidoras de energía de este país.

Entre los proyectos desarrollados por Codensa, podemos enumerar como los más relevantes los siguientes:

Flotas empresariales:

- Flota propia de EVs, la más grande de Colombia: 16 Vehículos
- Acuerdos con proyectos inmobiliarios: Instalación de las primeras nueve unidades
- Acuerdos en curso con fabricantes:
 - a) Zero Motorcycles: comercialización de motos eléctricas
 - b) Nissan, Mitsubishi y Renault
 - i. Comercialización de vehículos
 - ii. Primera opción de Codensa para infraestructura de carga inmobiliaria
 - iii. Desarrollo de puntos de recarga pública

Taxis eléctricos:

- Flota total piloto : 50 vehículos
- Oferta Codensa:
 - a) Servicios Energéticos: Máximo 2 horas carga completa
 - b) 4 electrolineras en Bogotá
 - c) 55 cargadores en total: 30kW c/u
 - d) Capacidad instalada: 340 taxis
 - e) La marca BYD con su modelo de auto E6: es aliado estratégico Codensa/taxis
- <u>Buses eléctricos:</u> Codensa en asociación con los operadores del sistema de Transmilenio, están analizando la viabilidad de incorporar buses eléctricos en el sistema troncal.

Programa e-Bike to work: Operación de dos sedes en Bogotá con 100 e-Bikes.

La empresa EPM por su parte, ha adquirido recientemente 2 motos y 10 carros eléctricos para su parque automotor, con lo que pretende seguir impulsando en Antioquia y en el país la movilidad sostenible.

Los vehículos, cumplirán distintas labores operativas en la empresa, en el marco de un proyecto piloto que le permitirá a EPM prepararse para atender esta nueva demanda de energía, buscando las mejores opciones de carga lenta en residencias y lugares de trabajo, y de carga rápida en algunos sitios estratégicos de la ciudad, cuando la cantidad de vehículos así lo requiera (EPM (Empresas Públicas de Medellín), s.f.).

4. Smart metering:

En lo que refiere a las tecnologías implementadas en los sistemas de distribución, países como China y Estados Unidos comenzaron el despliegue de medidores inteligentes con el fin de reducir las emisiones de CO₂, uno de los motivos más importantes para dichos países, puesto que sus contribuciones de CO₂ en el contexto mundial eran relativamente altas, del orden del 23.3% y 18.1% respectivamente durante 2008.

Por el contrario, para Colombia esta no ha sido la razón principal para adoptar la implementación de redes inteligentes, ya que su contribución a nivel mundial es baja en relación a los países desarrollados. En 2008 su contribución de CO₂ fue de 0.02%.

Con el ánimo de identificar las necesidades y expectativas propias en Colombia que impulsen el despliegue de la tecnología de redes inteligentes y asimismo, ayuden a seleccionar los medidores inteligentes acorde a cada necesidad, se han realizado una serie de reflexiones por parte del Comité de Seguimiento del Mercado de Energía Mayorista (CSMEM) que se cuestiona en particular si Colombia debería tomar medidas similares a las implementadas por Europa y Estados Unidos, en un contexto diferente.

Una de las expectativas con los sistemas de distribución en Colombia es la de aumentar la eficiencia, reduciendo las pérdidas eléctricas, sustituyendo los medidores electromecánicos, reduciendo el consumo por iluminación, actualizando los equipos y la implementación de medición centralizada con funciones de conexión/desconexión remota, además de implementar sistemas prepago y mejorar la calidad de lectura de los medidores (Sierra, 2012).

Teniendo en cuenta los aspectos comunes que motivaron la implementación de las tecnologías de redes inteligentes a nivel mundial, el Comité de Seguimiento del Mercado de Energía Mayorista (CSMEM) realizó una serie de reflexiones sobre la situación de Colombia y los aspectos que motivarían a la implementación de dichas tecnologías en el país, de acuerdo a las problemáticas que enfrenta Colombia. A continuación se exponen algunas de las reflexiones por parte del CSMEM:

- La reducción de emisiones de CO2 no es uno de los motivos principales por los que se deba adoptar las tecnologías de redes inteligentes en Colombia, puesto que su contribución de emisiones de CO2 en el contexto mundial es relativamente baja en comparación con los países desarrollados. (Sierra, 2012)
- La situación de Colombia no es crítica en cuanto a la disponibilidad de recursos de generación de energía eléctrica. (Sierra, 2012)

- En el caso colombiano, teniendo en cuenta los bajos niveles de consumo per cápita, la prioridad no es reducir el consumo sino hacer un uso eficiente de la energía. (Sierra, 2012)
- Aunque en el sistema colombiano ha habido una reducción importante de las pérdidas eléctricas, aún existe un margen considerable para reducirlas, principalmente en los sistemas de distribución. Por lo anterior, un aspecto de gran importancia en el desarrollo de las redes inteligentes en Colombia está relacionado con la necesidad de mejorar la eficiencia energética y reducir las pérdidas técnicas y no técnicas. (Sierra, 2012)

Hoy por hoy, algunas empresas prestadoras de servicios públicos han implementado diversas tecnologías de medición inteligente y cuentan además con el apoyo de Colombia Inteligente.

A nivel nacional, empresas como CODENSA, en Bogotá; EPM y su filial XM, en Medellín; Electricaribe, en la Costa Atlántica; EPSA y EMCALI, en el Valle del Cauca, adelantan estrategias contra el hurto de energía. (Naranjo, 2011). Cabe mencionar que hasta el 2010, los proyectos que buscaban la implementación de ciertas tecnologías de redes inteligentes en Colombia, no respondían a una estrategia ni a un marco de trabajo sectorial, sino a las iniciativas propias de operadores de red, que en muchos casos eran apoyados por fabricantes extranjeros.

Codensa ha hecho ya la implementación del proyecto piloto smart metering el cual tiene como objetivo emplear y evaluar los medidores inteligentes, así como mostrarle a los clientes y al regulador los beneficios de la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en cuanto a la eficiencia energética, la calidad del suministro de energía eléctrica, el control de pérdidas, la gestión remota de los medidores (lectura, suspensión, reconexión, balances de energía y reporte de eventos) y la capacidad de intercambio de información técnica.

En diciembre de 2013 finalizó el proceso de nacionalización de los equipos y se realizó la instalación de 46 medidores inteligentes y un concentrador en el sector de Usaquén. Se realizó además la instalación y configuración del sistema de gestión remota de los medidores (SMM Web) y se brindó el entrenamiento a personal de la Compañía sobre procedimientos técnicos y procesos comerciales a través del SMM Web. (CODENSA S.A. E.S.P., 2013)

El proyecto insignia hasta el momento en lo que refiera a smart metering es el de medidores prepago de electricidad de EPM, que en una fase posterior también se aplicará para gas y agua. La compañía tiene 120.000 medidores instalados en la ciudad, destinados a sectores de bajos recursos con alta penetración de micropagos, que en promedio hacen siete recargas al mes de alrededor de US\$ 7. De todas maneras, desde EPM la opinión sobre estos nuevos desarrollos es aún escéptica. Los medidores han servido para captar clientes de estratos bajos y que ellos a su vez reduzcan su consumo (en un 30% en promedio). La aplicación de smart grids en Latinoamérica se dará para la resolución de problemas específicos y con medidores más económicos que no tenga que abonar el usuario, es esta la visión de la compañía.

Por otro lado la empresa XM, junto con la Universidad Pontificia Bolivariana, han establecido, a lo largo del Sistema de Transmisión Nacional, una red de medidores sincrofasoriales, denominada iSaac (Intelligent Supervision and Advanced Control System), que permite la detección temprana de fallas y evitar colapsos del sistema.

EMCALI por su lado, con 26 empresas comercializadoras asociadas en la ciudad de Cali y asimismo registradas por la CREG; tres de ellas han adoptado tecnologías de medición inteligente.

El proyecto AMI TWACS es liderado por la Gerencia de Unidad Estratégica de Negocio de Energía (GUENE) de la empresa de servicios públicos - EMCALI .Esta adoptó en el 2010 la tecnología de Infraestructura de Medición Avanzada AMI TWACS de la firma ACLARA, principalmente con el fin de dar solución a:

- Problemas comerciales de recaudo
- Problemas técnicos (pérdidas de energía)

Por otra parte, el estudio de viabilidad de la implementación de los medidores inteligentes requiere de una revisión al marco regulatorio vigente, para identificar si existen reglamentos que potencialicen el uso de estos medidores. Adicionalmente, se necesita disponer de un marco normativo por medio del cual se estandaricen las especificaciones técnicas de los medidores. En Colombia, aún no han entrado en vigencia normas que potencialicen el uso de medidores inteligentes, sin embargo, ya existe un borrador que se encuentra bajo revisión. También se encuentran en revisión normas vigentes como la NTC 4440 y la NTC-ISO/IEC 27001.

Por su parte la norma NTC 4440 es una traducción idéntica de la norma IEC 62056-21 (CIDET). Ésta describe las especificaciones de hardware y de protocolo para el intercambio local de datos de los medidores. Algunas temáticas a tratar en la norma son: velocidad de transmisión de datos, modos de comunicación, tiempo entre la recepción de un mensaje y la transmisión de una respuesta de los modos de comunicación, entre otros (ICONTEC, 2013)

Existe además la iniciativa del código de medida el cual representa uno de los incentivos regulatorios para la adopción de tecnologías de medición inteligente específicamente en algunas fronteras comerciales.

En resumen, en Colombia aún no están rigiendo normas en las que se precise sobre los medidores inteligentes; sin embargo, ya existe un borrador que menciona los requerimientos del sistema AMI y se encuentran en revisión ciertas normas para que en ellas se incluyan las temáticas relacionadas con el uso de medidores inteligentes. En cuanto al marco regulatorio, existen artículos que incentivan la implementación de medidores inteligentes. Mientras tanto, las principales empresas distribuidoras del país, apuestan a llevar a delante proyectos de medición inteligente, sobre todo en los estratos sociales más bajos de la población, con el fin principalmente de mejorar sus indicadores de recaudo.

5. Calidad de energía:

Colombia, posee un marco regulatorio robusto en relación a este tema y una normativa que acompaña las políticas que se han establecido bajo un modelo específico, que garantiza el cumplimiento de estos estándares relacionados a la calidad de energía y/o calidad de potencia eléctrica.

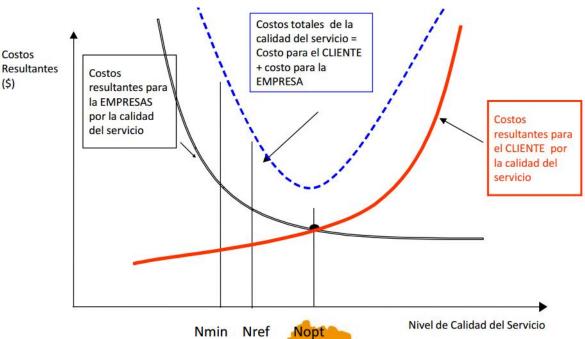


Figura 20- Modelo teórico de la calidad de servicio en sistemas eléctricos

La Ley 143 de 1994 Capitulo 1, establece:

- Artículo 4o El Estado, en relación con el servicio de electricidad tendrá los siguientes objetivos en el cumplimiento de sus funciones: c) "Mantener y operar sus instalaciones preservando la integridad de las personas, bienes y del medio ambiente y manteniendo los niveles de calidad y seguridad establecidos"
- Artículo 6o.- Las actividades relacionadas con el servicio de electricidad se regirán
 por principios de eficiencia, calidad, continuidad, adaptabilidad, neutralidad,
 solidaridad y equidad.... "En virtud del principio de calidad, el servicio prestado debe
 cumplir los requisitos técnicos que se establezcan para él"
- Artículo 23.- Para el cumplimiento del objetivo definido en el artículo 20 de la presente ley, la <u>Comisión de Regulación de Energía y Gas</u> con relación al servicio de electricidad tendrá las siguientes funciones generales... "n) Definir y hacer operativos los criterios técnicos de calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de energía".

En este mismo sentido, la Comisión de Regulación de Energía y Gas, bajo su resolución 070 de 1998, define lo siguiente en relación a los transitorios electromagnéticos rápidos y fluctuaciones de tensión..."Cuando se detecten fenómenos electromagnéticos que perjudiquen a Usuarios conectados al Sistema de Transmisión Regional y/o Sistema de Distribución Local, el organismo regulador conjuntamente con el usuario afectado deberán buscar la causa del fenómeno y solucionarlo en un plazo no mayor a 30 días hábiles"

Hoy Colombia cuenta con un Comité de Calidad de Potencia, conformado desde Marzo del año 2000, el mismo fue el resultado de un convenio entre el ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) y la ACIEM (Asociación Colombiana de Ingenieros), de allí se dio origen a la norma nacional de calidad de potencia, la NTC 5001.

5.1.2 BRASIL:

Para consolidar un modelo brasilero de redes eléctricas inteligentes (smart grids), se buscan soluciones que atiendan las necesidades de la sociedad, al mismo tiempo que dichas soluciones puedan adquirir un perfil gubernamental con la intención de modernizar el parque de activos para transmisión y distribución de energía eléctrica.

Para los escenarios elaborados durante el desarrollo del proyecto, se procuró dar prioridad a los ítems de primera necesidad y a aquellos que puedan agregar más valor al proceso de distribución de la energía eléctrica.

Los ítems fueron minuciosamente estudiados, con el fin de permitir la selección de aquellos que atienden mejor los requisitos del sistema y la relación costo/beneficio para la sociedad brasileña en general y para las concesionarias de energía del país.

El proyecto finalmente fue elaborado en 7 bloques, estructurados de la siguiente manera:

- BP1 Gobernabilidad e integración de proyectos
- BP2 Medición inteligente
- BP3 Automatización de los sistemas de distribución y transmisión
- BP4 Generación distribuida, almacenamiento de energía y vehículos eléctricos
- BP5 TI y telecomunicaciones
- BP6 Políticas públicas y regulación
- BP7 Perspectiva del consumidor

Los bloques 2,3 y 4 tratan más específicamente de las tendencias y opciones tecnológicas y de sus impactos en el modelo de negocio de la distribución eléctrica.

El bloque 5 por su parte pretende abarcar todos los requisitos de telecomunicaciones y tecnología de información necesarios para soportar las necesidades generadas por los sistemas de medición, automatización e integración de la generación distribuida, almacenamiento de energía y vehículos eléctricos enchufables.

El bloque 6, aborda las cuestiones referidas a las políticas públicas y de regulación, necesarias para hacer viable la migración tecnológica de las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica en el Brasil.

El bloque 7 contiene la perspectiva del consumidor frente a los cambios que serán proporcionados por las nuevas redes eléctricas inteligentes.

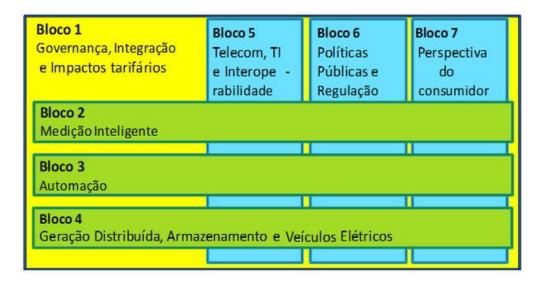


Figura 21- Road Map Smart grids Brasil

Ahora de acuerdo al objetivo de este trabajo, procederemos a evaluar dentro del contexto brasilero los 5 ítems establecidos, como premisas de implementación de smart grids:

1. Regulación:

Debido a la incertidumbre e incerteza de un tema incipiente y estratégico, existe la necesidad de una política que defina las directrices básicas para un tema que es crítico.

El Ministerio de Minas y Energía (MME) lideró un grupo interdisciplinar que trabajó sobre este tema. Dicho grupo, tenía como objetivo estudiar el concepto, abordando las diferentes visiones de los sectores involucrados en el proceso.

Entre las primeras iniciativas, fue destacada la necesidad de reglamentar cada una de las áreas involucradas en el desarrollo de las redes eléctricas inteligentes. En este proceso, ANEEL publicó, las siguientes resoluciones, que constituyen el marco regulatorio para la inserción de las Redes inteligentes en el sistema eléctrico brasilero:

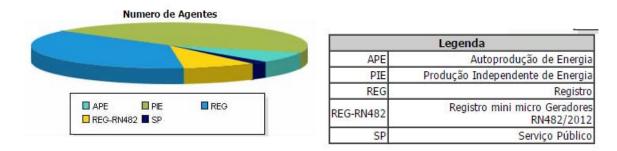
- Resolución normativa N° 464(11/2011), reglamenta las diferentes tarifas de acuerdo a los horarios de consumo.
- Resolución normativa N° 482(04/2012); define las condiciones generales de acceso a micro generación (hasta 100kW) y mini generación eléctrica (entre 100kW y 1MW).
- Resolución normativa N° 502(08/2012); reglamenta los requisitos básicos para la medición electrónica para el grupo B.

De esta manera, todavía están en discusión las políticas públicas de Brasil y el marco regulatorio de apoyo técnico, económico y financiero para la implementación de redes inteligentes. Por lo tanto, desde el punto de vista de los servicios públicos, la ejecución de proyectos de I + D, pruebas de concepto - PoC y la implementación de proyectos piloto de redes inteligentes permitirán la evaluación de oportunidades, sin verse afectado el negocio de equilibrio económico y financiero y la normativa vigente en el sector.

Además de esta iniciativa, en la prestación de servicios públicos se han desarrollado proyectos piloto cuyo objetivo es apoyar la aplicación de las redes inteligentes, teniendo en cuenta las características específicas de sus áreas de concesión. Cemig Distribución, una de las distribuidoras de energía más influyentes a lo largo de Brasil, a su vez, ha invertido en una estrategia a medio / largo plazo para cambiar su nivel tecnológico a un nivel superior, persiguiendo la vanguardia de las soluciones de automatización, así como la modernización de su sistema eléctrico.

2. Generación distribuida:

Desde el 17 de abril del 2012, cuando entró en vigor la Resolución ANEEL nº 482/2012, los consumidores brasileños pueden generar su propia electricidad a partir de fuentes renovables y proporcionar el excedente a la red de distribución de su ubicación. Esta es la micro y mini generación distribuida de electricidad, las innovaciones que pueden combinar el ahorro financiero, la conciencia ambiental y la auto sostenibilidad.



Quantidade de Agentes
244
1.439
1.214
275
73

Figura 22- Generación de Energía Eléctrica en Brasil

Los incentivos para la generación distribuida se justifican por los beneficios potenciales que este método puede proporcionar el sistema eléctrico. Ellos incluyen el aplazamiento de las inversiones en la expansión de los sistemas de transmisión y distribución, el bajo impacto ambiental, la reducción la carga de las redes, minimizando las pérdidas y la diversificación de las fuentes de energía

De acuerdo a la Resolución normativa nº 482/2012, los micro generadores son los que tienen una potencia más baja instalada no superior a 100 kilovatios (kW), y mini generadores, aquellos cuyas plantas de energía tienen 101kW a 1 megavatio(MW). Las

fuentes de generación deben ser renovables o de alta eficiencia energética, es decir, sobre la base de la energía hidráulica, solar, eólica, biomasa y cogeneración.

La novedad de la norma es simplificar la conexión de pequeñas plantas de energía a la red de distribuidores de electricidad y permitir que el exceso de energía producida pueda ser transmitido a la red, la creación de un "crédito de energía" que será posteriormente utilizada para bajar su consumo. Un ejemplo es la micro-generación por fuente solar fotovoltaica de día el "sobrante" de energía generada se transmite a la red; en la noche, la red devuelve la energía a la unidad de consumo y suple las necesidades adicionales. Por lo tanto, la red funciona como una batería, almacena el excedente hasta el momento en que una unidad de consumo requiera la energía proveniente de ese distribuidor.

El saldo positivo de crédito de energía no se puede invertir en efectivo, pero puede ser utilizado para reducir la tarifa de consumo en otro rango tarifario (pico / valle).Los créditos de energía generados siguen siendo válidas durante 36 meses.

Energía solar:

Actualmente hay varios proyectos en marcha o en funcionamiento, para el uso de la energía solar en Brasil, sobre todo a través de sistemas generación de energía fotovoltaica con el fin de ayudar a las comunidades aisladas de las redes eléctricas y el desarrollo regional. Además de apoyo técnico, científico y financiero recibido de diversos órganos e instituciones brasileñas (MME, Eletrobrás / CEPEL y Universidades, entre otros), estos proyectos han contado con el apoyo de las organizaciones internacionales, en particular la Agencia de Cooperación Técnica Alemana - GTZ y el Laboratorio de la Energía Renovable de Estados Unidos (National Renewable Energy Laboratory) - NREL / DOE. También el uso de la energía solar para calentar el agua ha adquirido importancia en las regiones Sur y Sureste del país, donde una parte significativa del consumo electricidad está destinado para ese propósito, especialmente en el sector residencial.

La contratación de las empresas de generación de energía solar en la reciente subasta de energía de reserva (LER) indica la tendencia de crecimiento de la oferta en el país, con menores costos y menor precio por megavatio / hora (MW h). En los próximos 30 años, con más interés del mercado y de los inversores, la generación de energía solar deberá ampliarse a gran escala y llegará a ser más barata, ocupando así más espacio en el mix energético, complementando otras fuentes. Se estima que podría llegar a abastecer el 5% de la demanda de energía de todo el país.

La subasta para la contratación de reserva de energía de 2014, dio lugar a la contratación de 31 proyectos de generación de origen solar, con una capacidad total instalada de 889,7 megavatios (MW). El precio del contrato de la energía fue de R \$ 215,12.

El éxito del evento es el resultado de años de estudios y acciones para permitir que la generación de energía solar se convierta en algo viable en Brasil. Hace menos de cinco años, el MW / h de energía solar costaba más de R \$1.000. Desde entonces, el aumento a escala global y las mejoras tecnológicas han reducido el costo de los equipos para generar energía solar. Además, del gran potencial de Brasil, con su alto nivel de insolación, las inversiones en este sector permitieron que el costo del MWh solar esté alrededor de los \$200 a R \$300.

A continuación, se describen los principales proyectos nacionales de recuperación energía solar para calentamiento de agua y de generación fotovoltaica.

- Para el calentamiento de agua, se ha aplicado esta tecnología principalmente en las casas, hoteles, hospitales y restaurantes. En Belo Horizonte, por ejemplo, hay más de 950 edificios que tienen este beneficio y en Porto Seguro, 130 hoteles (ABRAVA, 2001).
- También están aumentando las aplicaciones de la energía solar para calentamiento de agua en viviendas y casas populares, como los proyectos de Honey Island, Proyecto Singapur proyecto Sapucaias Conde, Vivienda SIR y María Eugenia (COHAB) en Governador Valadares (ABRAVA, 2001).
- Otro elemento propulsor de esta tecnología es la Ley Nº 10.295, de 17 de octubre 2001, que establece la Política Nacional de Conservación y Uso Racional de la Energía y la promoción de la eficiencia en los edificios construidos a lo largo de todo Brasil.
- Hay muchos pequeños proyectos de generación de energía fotovoltaica doméstica principalmente para el abastecimiento eléctrico de comunidades rurales y / o aisladas del norte y nordeste de Brasil. Estos proyectos trabajan básicamente cuatro tipos de sistemas: i) de bombeo de agua para artículos de uso doméstico, riego agrícola y pesca; ii) alumbrado público; ii) los sistemas de uso colectivo, como la electrificación de escuelas, puestos de salud; y iv) la atención domiciliaria. Entre otros, son las estaciones telefónicas y monitoreo remoto, la electrificación de cercas y la desalinización del agua. La siguiente tabla resume, los proyectos fotovoltaicos implementados para estos usos.

Projetos fotovoltaicos coordenados pelo Prodeem/MME* Energéticos Iluminação Pública Bombeamento Totalização Qtd. Potencia Qtd. Potência Total Qtd. Fases Total Potência Total Potência (A) **KWp** US\$1mil (D) KWp US\$1mil (G) (KWp) US\$ 1mil (J)=A+D+G (L)=B+E+H (M)=C+F+I (B) (C) (E) (F) (H) (1) 7 54 Fase I 190 87 526 137 76 78 480 381 172 1.081 387 195 1.621 242 17 197 179 213 1.635 808 425 3.453 Fase II 843 526 3.495 0 0 0 224 165 1.173 1.067 691 4.668 0 0 0 0 0 800 Emerg. 0 800 235 2.221 235 2 221 Fase IV 1.660 972 5.456 0 0 0 1.240 457 4.569 2.900 1.429 10.026 0 0 0 3.000 2.160 15.801 Fase V 3.000 2160 15.801 0 0 0 Total 3.080 379 24 272 2.497 1.147 10.078 8.956 5.112 37.250 3.940 3.940

Tabla 5- Proyectos fotovoltaicos en Brasil

Energía eólica:

La energía eólica está dejando de ser un mero complemento de la matriz energética brasileña. Teniendo en cuenta el número de generadores existentes, instalaciones en construcción y proyectos presentados, los vientos brasileños deben ser responsables de la generación de 18.000 megavatios (MW) en 2018, o el 8% de toda la energía producida en el país. Presentando un salto del octavo al cuarto lugar entre las principales fuentes de energía en el país.

Las empresas de energías renovables están invirtiendo cada vez más en la fuente eólica. Los datos de la Asociación Brasileña de Energía Eólica (Abeeólica) muestran que ya para el año 2014 habían sido instalados 87 parques eólicos en todo Brasil, con 2.268,8 MW de potencia eólica. Las regiones brasileñas que más destacan en cuanto a la generación de este tipo de energía renovable son las del sur y noreste del país, que son las que cuentan con mayor potencial de viento.

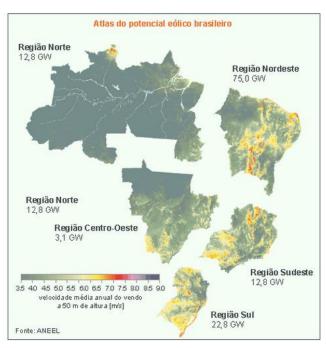


Figura 23- Potencial eólico en Brasil

Brasil además invertirá cerca de 11.500 millones de euros en proyectos en energía eólica entre 2015 y 2018, que elevarán la potencia proporcionada por esta fuente de energía renovable en 7.227 megavatios.

Energía de biomasa:

La utilización de biomasa, como fuente de energía eléctrica ha ido creciendo en Brasil, principalmente en sistemas de cogeneración (por lo que es posible obtener energía térmica y eléctrica) de los sectores industriales y de servicios. En 2007, esta fuente de energía, fue responsable por la oferta de 18TWh (terawatts-hora), y era segunda en el balance energético nacional (BEN) de 2008. Este volumen fue 21% superior al del año 2006, lo que corresponde al 3,7% de la oferta total de energía eléctrica, obteniendo el segundo puesto en la matriz eléctrica nacional.

De acuerdo con el Banco de Informaciones de Generación de la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), en Noviembre de 2008, existían 302 termoeléctricas funcionando con biomasa, que correspondían a un total de 5.700 MW instalados. Del total de usinas relacionadas, 14 son abastecida por licor negro (residuo de celulosa) con potencia total de 944 MW; 27 por madera (232MW); 3 por biogás (45MW); 4 por cascara de arroz (21MW) y 252 por bagazo de caña de azúcar (4.000 MW). (ANEEL)



Figura 24- Usinas de biomasa e operación en Brasil a Noviembre de 2008

Energía geotérmica:

De acuerdo a los estudios de potencial hechos hasta la fecha en Brasil, los recursos geotérmicos explorados están estimados en 250MWt (Mega Vatios Termal), siendo que este país presenta una localidad considerada de alta entalpía y 25 localidades más de baja entalpía. El instituto brasilero de geografía y estadística – IBGE publicó en 2010 el Atlas Nacional de Brasil, donde se encuentran disponibles, una serie de mapas geotérmicos, como el de la siguiente figura, en donde es posible observar cómo es el recurso base en este país.

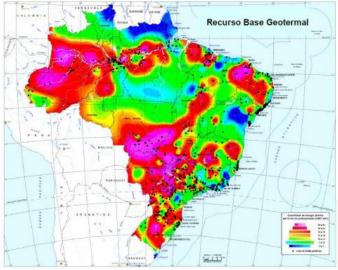


Figura 25- Recurso base geotermal para Brasil

Actualmente están en desarrollo inversiones principalmente en cuanto a exploración de potencial geotérmico del Acuífero Guaraní, cuya temperatura de agua, puede ser capaz de abastecer el calentamiento de aguas en edificios o casas. Por ello la expectativa en Brasil durante los próximos años es que la utilización de bombas de calor se torne común en los condominios Brasileros.

3. Vehículo eléctrico:

En Brasil, pese a la importancia del sector automovilístico en la economía y de la gran cantidad de energía eléctrica generada a través de usinas hidroeléctricas, el vehículo eléctrico es apenas en Brasil, un objeto de ferias y demostraciones. Existen apenas 71 vehículos eléctricos en una flota de más de 65 millones de vehículos en todo Brasil.

Debido a que la matriz energética brasilera es altamente renovable y que las emisiones de CO₂ tienen un peso reducido, Brasil hoy en día ocupa el puesto 105 a nivel mundial entre los países con mayor número de emisiones, es por esto que la dimensión ambiental en este caso no funciona como un motivador para implementar masivamente el EV en Brasil.

Actualmente, el vehículo eléctrico posee un precio superior al de los vehículos de combustión y se proyecta para los próximos años, que esto continué de igual manera.

El alto costo para el consumidor de este tipo de tecnología, es el factor más relevante a la hora de popularizar el vehículo eléctrico. Cerca del 65% de los consumidores brasileños, no están dispuestos a pagar más por un EV. Además de ello, en mercados maduros, en los cuales los EV no son penalizados por incrementos tributarios, a lo largo de su vida útil, estos pasan a ser una opción económicamente ventajosa con aproximadamente 10 años de uso. En Brasil, no sucede lo mismo, debido a la alta carga tributaria (donde los impuestos pueden llegar a 48% más que para un vehículo de combustión), lo que lleva a que después de 10 años, este último resulte ventajoso económicamente.

Por otro lado, las características geográficas de Brasil, principalmente fuera de las grandes ciudades, con elevadas distancias y baja densidad poblacional, tienden a ser una barrera para la implementación de la infraestructura del vehículo eléctrico. De esta forma en el corto plazo, en cuanto la infraestructura empiece a desarrollarse, lo que se pretende, es apostar por los vehículos híbrido puros e ir migrando a los híbridos enchufable en consonancia con el desarrollo de la infraestructura de las estaciones de recarga.

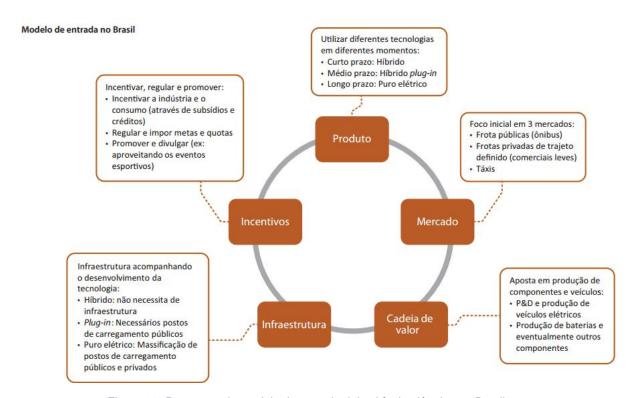


Figura 26- Propuesta de modelo de entrada del vehículo eléctrico en Brasil

Para que el EV resulte una realidad en Brasil, es necesario que exista una estrategia acordada entre el Gobierno y el sector automovilístico. Resolviendo este problema, hay dos problemas más que deben solucionarse y son la competitividad brasilera, esto respecto a los costos de producción y la disputa con el sector petrolífero y los productores de bioetanol, teniendo en cuenta que para este último punto Brasil tiene una industria altamente desarrollada.

4. Smart metering:

En Brasil, el uso de esta tecnología aún es incipiente. Una encuesta promovida por ANEEL, revela que el 8% de los medidores ya eran electrónicos en 2008, los mismos no eran sin embargo dotados de inteligencia adicional. La nueva tecnología, está siendo utilizada solo porque el costo del equipamiento electrónico, se torna inferior al del electromecánico (Leite, 2011). Así es como está habiendo una migración tecnológica de la red eléctrica en Brasil, sin que esto represente una red más inteligente. Con excepción de algunos proyectos experimentales, se puede afirmar que la implementación de redes de medición inteligentes, se encuentra aún en fase de estudio.

1. Aplicación de AMPLA:

AMPLA Energía y Servicios S.A., es una distribuidora de energía eléctrica responsable por la prestación de servicios en 66 municipios del estado de Rio de Janeiro. En 2010, sus 2.32 millones de consumidores (90% residencial) consumían 8.2TWh de energía eléctrica

(siendo un 67% en baja tensión) generando unos ingresos para la compañía de R\$ 2.600 millones.

Debido a factores históricos, condiciones sociales y de urbanización del área de concesión, la empresa, enfrenta serios problemas relacionados a defectos en la infraestructura y en un nivel más grave al hurto de energía eléctrica. La dimensión del problema, es tan grande que ANEEL, reconoció en 2009 que las pérdidas "no técnicas" de la concesionaria correspondían al 27,13%, del mercado de baja tensión. En otras palabras, la distribuidora debe comprar 4kWh para que 3 de estos lleguen a sus consumidores. Obviamente el costo del kWh perdido es subsidiado por todos los usuarios del área de concesión.

Para combatir el problema, la distribuidora invirtió en el blindaje de las redes y en la implementación de un sistema avanzado de medición en las regiones más problemáticas. El sistema, consiste en concentrar varios medidores en lo alto de un poste de distribución de energía (Sistema de Medición Centralizada), con lectura remota en tiempo real, balance de energía y capacidad de interrumpir y restablecer de manera remota. En Septiembre de 2008, había más de 300 mil unidades consumidoras con este sistema implementado (AMPLA, 2008)

El sistema, comercialmente, es llamado *Ampla Chip* y fue el responsable por la reducción del 20% del hurto de energía en las áreas de concesión de la empresa. Pese a los premios y el reconocimiento internacional, la adopción de la medición inteligente para Ampla, también supone varios problemas para la compañía.

La falta de información de la sociedad acerca de la nueva tecnología, generó innumerables manifestaciones contrarias a la implementación del nuevo modelo de medidor. Los consumidores a su vez, reclamaban el aumento de hasta el 300% en el valor de las facturas de energía, en función de la instalación del nuevo medidor. Y a su vez la empresa, alegaba que el aumento se debía a la implementación de este nuevo sistema a los usuarios.

A pesar de la reducción de pérdidas, lo cual produjo mejora en términos de eficiencia energética, la falta de información, provocó repudió hacia esta tecnología en la sociedad. Actualmente, después de realizar las correcciones de medición y difusión del sistema, la compañía ha dado continuidad a la implementación de la medición inteligente con foco en combatir las pérdida "no técnicas".

Se estima que la distribuidora comenzó a facturar alrededor de 300GWh más por año, debido a la implementación de la tecnología de medición inteligente. Además de aumentar los ingresos de la compañía, esto derivó en la reducción de los niveles tarifarios para aquellos consumidores que antes de esta implementación, debían subsidiar el costo de la energía no facturada, lo que se estima, ascendía a R\$30 millones por año (AMPLA, 2008).

2. Programa Smart Grid Light:

Light, es la empresa titular de concesión del servicio de distribución de energía eléctrica en 31 municipios del estado de Rio de Janeiro, inclusive en la capital, y es responsable por atender 4 millones de clientes.

Entendiendo que la distribuidora tienen un importante papel en la definición del rumbo de la tecnología para la prestación del servicio (normalización y opciones de implementación), la empresa, lanzó el Programa de smart grids Light para dar subsidios en la implementación de redes inteligentes en Brasil, en complemento a los estudios teóricos desarrollados por ANEEL y el MME en la formación de políticas públicas. Actualmente, o en un futuro próximo,

la empresa empezará a lidiar con desafíos que exigen el uso de dispositivos más modernos y automatizados, además de una sinergia dentro de la propia distribuidora. Los principales desafíos son: hurto de energía, la calidad de energía, generación distribuida, aumento de la demanda por electricidad y concientización de la sociedad acerca de la eficiencia energética. (Toledo, 2012)

El programa fue iniciado en 2010, con duración prevista de 5 años y dividido en una serie de subproyectos: Desarrollo de una plataforma de redes eléctricas inteligentes, Automatización de la medición, desarrollo de gestión de redes subterráneas, gestión de redes aéreas, control de la demanda del lado del consumidor y desarrollo de un sistema inteligente de gestión de fuentes renovables, almacenamiento distribuido y vehículos eléctricos (Toledo, 2012)

3. Estudios de ANEEL:

En 2008 fue realizado el "Seminario Internacional de Medición Electrónica" por ANEEL. En el evento, se discutió acerca de la regulación, impacto tarifario, funcionalidades y experiencias de implementación de la medición inteligente (ANEEL, 2008b).

En el año siguiente, fue publicada la consulta pública N° 15/2009, la cual muestra el relevamiento del parque de medición nacional e intensivas discusiones sobre dicha tecnología, tales como posibles costos y beneficios, funcionalidades, proyectos piloto y formas de implementación en Brasil. (ANEEL, 2009b)

De acuerdo a la visión del ente regulador, la migración a la tecnología de medición inteligente, no está trayendo los beneficios que debería. Sin los incentivos adecuados, las distribuidoras de energía han estado utilizando equipos electrónicos, solo por el menor costo menor que les representa, pero sin dotarlos de otras funcionalidades que podrían ser bastante más útiles para los consumidores. En vista de esto, la agencia estudia intervenir en miras de aprovechar esta migración y extender los beneficios.

A finales del año 2010, ANEEL instauró la audiencia pública N° 43/2010, la cual sería una primera etapa de regulación para el uso de la medición inteligente en Brasil. (ANEEL, 2010a).

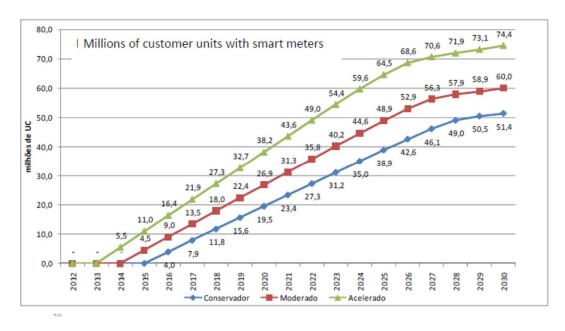


Figura 27- Posibles escenarios de penetración del Smart Metering en Brasil

5. Calidad de energía:

La regulación de la continuidad del suministro de energía en Brasil, tiene tres marcos históricos: la ordenanza de DNAEE (Departamento Nacional de Aguas y Energía Eléctrica) N° 46/1978, responsable por inaugurar la regulación de la continuidad de servicio, en el sistema eléctrico brasilero (SEB);la resolución ANEEL N°24/2000, responsable por la adecuación de la regulación de la continuidad de servicio en un nuevo contexto institucional de SEB y la Audiencia Pública N° 46/201, que introdujo una serie de cambios en las etapas de definición de los límites para los indicadores de calidad, con el objetivo de mejorar la metodología en todo su conjunto.

De acuerdo con ANEEL, el parámetro de medida de cuan bien puede ser utilizada la energía eléctrica por los consumidores, debe contener indicadores que evalúen: las características de continuidad de suministro y de cumplimiento con ciertos parámetros que se consideren convenientes para la operación segura, tanto del sistema como de las cargas eléctricas. En este contexto, la calidad de servicio es compuesta por tres frentes: producto, servicio y respuesta comercial. La calidad comercial, aprobada por la resolución 373/2009, que entró en vigor en el año 2012, regula la calidad en un plazo medio de solución de los reclamos.

Una de las formas para medir la continuidad de suministro, es cualitativamente, a través de encuestas de satisfacción, que resultan del Índice ANEEL de Satisfacción al Consumidor (IASC). Este resulta un método algo subjetivo, por los que existen otras formas de realizar esta medición. Una de ellas es la medición a través de indicadores de continuidad. Para la medición de calidad del suministro de energía eléctrica, son utilizados indicadores colectivos —Duración Equivalente de Interrupción por unidad consumidora (DEC) y Frecuencia Equivalente de Interrupción Individual por unidad consumidora (FEC) — e individuales, los cuales son, Duración de Interrupción Individual por Unidad Consumidora o por Punto de Conexión (FIC) y Duración Máxima de Interrupción Continua por Unidad Consumidora o por Punto de Conexión (DMIC) (Bernardo, 2013).

En 2009, ANEEL inició un proceso de discusión para la actualización de la regulación de la calidad de servicio en Brasil, los cambios más destacados se listan a continuación:

- 1. Criterios para la formación de los conjuntos de unidades consumidoras, que son utilizados para el cálculo de los índices equivalentes DEC y FEC.
- 2. Los atributos descriptores de los conjuntos de unidades de consumo, como el área observada y el consumo promedio mensual.
- 3. Límites para los indicadores DIC,FIC y DMIC
- 4. Penalidad sistemática por la transgresión de los límites de los indicadores.

En resumen, la gestión de la calidad de servicio de energía en Brasil, ha presentado grandes avances en los últimos años. Los esfuerzos de los agentes reguladores para mejorar el servicio prestado a los consumidores viene aumentando, y así mismo la preocupación de las compañías distribuidoras de energía, en mantener un buen nivel de calidad y consecuentemente impulsar las inversiones en las redes eléctricas.

5.1.3 ARGENTINA:

El año 2012 fue para Argentina un año de estudio y análisis de la literatura y el estado del arte a nivel mundial, cuyo punto principal fue el seminario binacional celebrado con el DOE. El año 2013 fue un año donde se encaminaron las primeras experiencias pilotos a nivel país en redes inteligentes. La Secretaría de Energía de la Nación ha entendido que es necesario desarrollar en el país experiencias en la planificación, instalación, operación y mantenimiento de redes eléctricas inteligentes, para probar y comparar diversas tecnologías existentes en esta materia (equipamiento de campo, software de gestión, comunicaciones, etc.).

La Secretaría de Energía, con el asesoramiento del Grupo de Trabajo, ha definido a las localidades de Armstrong y Trenque Lauguen como los primeros lugares en donde desarrollar las experiencias pilotos en redes inteligentes. Si bien estas dos localidades serán las primeras, no serán las únicas experiencias a ser encaradas. Las provincias de Neuquén, Santa Fe y Córdoba tienen proyectos pilotos propios que se hallan en avanzado estado de desarrollo en cuanto a las especificaciones técnicas. Estos proyectos u otros que puedan aparecer podrán ser financiados a través de los fondos Fonarsec del Ministerio de Ciencia y Tecnología. La ciudad de Armstrong es una localidad rural ubicada en la provincia de Santa Fe y tiene 12.000 habitantes. Su Cooperativa posee 5600 usuarios, con una demanda pico de 8,4MW, el 34% de su energía demandada es residencial, el 26% es comercial, el 32% es industrial y el 7% es de clientes rurales. Además tiene la ventaja adicional que los servicios de comunicaciones e Internet son provistas por la misma Cooperativa. Es un lugar ideal para probar distintas tecnologías en medidores inteligentes, la inserción de micro-generación de pequeños molinos eólicos y paneles solares en la red de distribución, profundizar en materia de eficiencia energética, ensayar distintas alternativas para gestión de demanda, y probar distintas tecnologías de comunicación de dispositivos y equipos que componen una red inteligente, tanto de proveedores locales como de reconocidas firmas de nivel internacional (Medina).



Figura 28- Proyecto piloto Smart grids-Localidad de Armstrong, Provincia de Santa Fe.

A continuación expondremos el estado del arte dentro del contexto argentino para los 5 puntos que hemos definido como fundamentales en este trabajo en lo que refiere a la migración de redes eléctricas convencionales a smart grids:

1. Regulación:

En general, Argentina, cuenta con instrumentos públicos de fomento a la innovación. En lo referente a Marco Regulatorio, la Ley 26.190, reglamentada a través del Decreto No. 562/09, establece el "Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica" y el Decreto 140/2007 ofrece una amplia gama de acciones que favorecen el UREE, pero no específicamente referidos a redes inteligentes, generación distribuida y energías renovables. No se cuenta con una regulación nacional para la generación distribuida que facilite la adhesión de los Entes Reguladores Provinciales a un criterio normativo homogéneo, ni se cuenta con un criterio tarifario en cuanto a qué retribución puede recibir el usuario dador de energía que compense la que recibe de la red.

En definitiva, la regulación argentina se encuentra aún incipiente en lo que respecta a smart grids y, si se pretende avanzar consistentemente en esta dirección, el nuevo marco regulatorio, deberá tener en consideración los siguientes aspectos:

- Prever el cubrimiento de los costos del distribuidor por la implementación de medidas de eficiencia energética, y la remuneración de la red inteligente.
- Prever un mecanismo de compensación a los distribuidores por menores ventas debido a su participación en la implementación de eficiencia energética.
- Prever incentivos que hagan de la eficiencia energética una actividad rentable.
- Prever el control de la demanda a través de las señales de costos que ofrecen las tarifas flexibles y las ofertas para reducción de la carga, con los sistemas de medición y de facturación asociados, que permitan a los consumidores modificar y racionalizar su modalidad de consumo
- Prever un esquema de remuneración para las instalaciones de distribución disponibles como reserva para hacer frente a la intermitencia de las fuentes de energías renovables no convencionales. (J. Sáenz, 2012).

2. Generación distribuida:

La energía es un recurso estratégico para el desarrollo socio-productivo de un país y Argentina cuenta con grandes ventajas en la materia debido a su amplia matriz de fuentes renovables y no renovables, además de los avances tecnológicos que permiten un consumo cada vez más eficiente. La rica tradición nacional en este campo, con ejemplos como los ex Laboratorios de Investigaciones de Activos Tecnológicos de YPF y la Comisión Nacional de Energía Atómica, constituyen una base de apoyo e inspiración para impulsar nuevos avances.

La focalización del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva en el Plan Argentina Innovadora 2020, busca asegurar la autosuficiencia de Argentina en materia de suministro energético. Esto será posible diversificando las fuentes de energía de las que dispone el país y desarrollando energías alternativas. El foco está puesto también en que estas acciones contemplen la protección del ambiente y la distribución de energía suficiente en todo el país y en todos los niveles sociales de la población.

A fin de asegurar la implementación del Plan Argentina Innovadora 2020, a partir del año 2012 se pusieron en marcha las denominadas "Mesas de Implementación (MI)" con el propósito de definir los cursos de acción a realizar y los resultados factibles de ser alcanzados durante un período de cuatro años desde la realización de cada MI. A partir del trabajo de las MI se establecieron los objetivos, metas y actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) y de formación de recursos humanos para fortalecer los Núcleos Socio Productivos Estratégicos (NSPE), los que están contenidos en los Planes Operativos.

Energía solar:

Aprovechamiento térmico de la energía solar para la generación de fluidos a baja (60-100°C), media (100-150°C) y alta temperatura (150-350°C). La generación a baja y media temperatura permite la sustitución del consumo de gas para calentamiento de agua sanitaria y calefacción a nivel residencial, comercial y público, así como su uso en cierto nivel industrial.

Las principales intervenciones en curso, se enumeran a continuación:

- a) Sistema Nacional de Evaluación de Energía Solar La propuesta de este proyecto se centra en el diseño e implementación de un sistema argentino de evaluación de la radiación solar, con estaciones en todo el ámbito nacional interconectadas en tiempo real y con un sistema de apoyo logístico por parte de laboratorios especializados que generará la posibilidad de desarrollar energías alternativas de aprovechamiento energético. Asimismo, se propone ofertar al mercado laboral la generación de empleo asociado a esta clase de proyectos energéticos.
- b) Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos El proyecto tiene como objetivo introducir en el país tecnologías asociadas a la interconexión, en áreas urbanas y periurbanas, entre la red eléctrica y sistemas solares fotovoltaicos (FV) distribuidos, contemplando para ello cuestiones técnicas, económicas, legales, y regulatorias. Esto se realizará a través de instalación de sistemas FV tanto en viviendas como edificios públicos, así como en los organismos

de ciencia y tecnología para el análisis, ensayo y calificación de los diseños y componentes del sistema.

c) Parque Solar Termoeléctrico Intihuasi

Se propone el desarrollo en la provincia de Catamarca de la tecnología termoeléctrica elegida de tipo Dish-Stirling⁵ y la construcción de una planta prototipo totalmente funcional conectado a la red del Sistema Argentino de Interconexión (SADI). Los elementos ópticos reflectores y concentradores serán desarrollados por la Universidad Nacional de La Plata. Los motores Stirling y los generadores lineales serán desarrollados por la UIA en la provincia de Córdoba. La planta prototipo se construirá en la Universidad Nacional de Catamarca en colaboración con la empresa Industrial Belgrano S.A. que se encargará, por su parte, de la construcción de una central solar de 1MW.

Energía eólica:

De acuerdo a información presentada por CAMMESA, para finales de 2012 la potencia eólica instalada nominal unificada al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) era de 111,8 MW, de los cuales 86,3 MW corresponden a la región eléctrica Patagónica, 25,2 MW a la región NOA y 0,3 MW a la región GBA-BA-LIT.

Tabla 6- Distribución	de la	potencia	eólica ei	n Araentina.	año 2012.

Provincia	Parque Eólico	Operador	Potencia instalada (MW)
Chubut	Rawson I y II	GENNEIA	77,4
	Antonio Morán	Soc. Coop. Popular Ltd. C.R.	16,6
	Diadema	Hychico SA	6,3
	El Tordillo	ENARSA	3,0
	Rada Tilly	Coop. de Agua y Otros Servicios Públicos de Rada Tilly	0,4
		103,7	
La Rioja	Arauco	ENARSA	25,2
La Rioja	1	25,2	
Buenos Aires	Punta Alta	Coop. Eléctrica de Punta Alta	2,2
	Mayor Buratovich	Coop. Eléctrica M. B.	1,2
	Tandil	Coop. Eléctrica de Tandil-Azul	0,8
	Claromecó	Coop. Eléctrica de Claromecó	0,8
	Darragueira	Coop. Eléctrica Darragueira	0,8
	тот	5,8	
Santa Cruz	Pico Truncado	Munic. de Pico Truncado	2,4
	Pecorosa	s/d	0,5
	то	2,9	
S I	Veladero Barrick Gold	2,0	
San Juan	т	2,0	
I - D	General Acha	COSEGA Ltda.	1,8
La Pampa	Т	1,8	
Neuquén	Cutral-Có	COPELCO Coop. Ltda.	0,4

⁵ Dish-Stirling: Se trata de un sistema compuesto de una estructura en la que se monta un espejo parabólico en cuyo foco se instala un receptor de luz solar dotado de un motor *Stirling*.

73

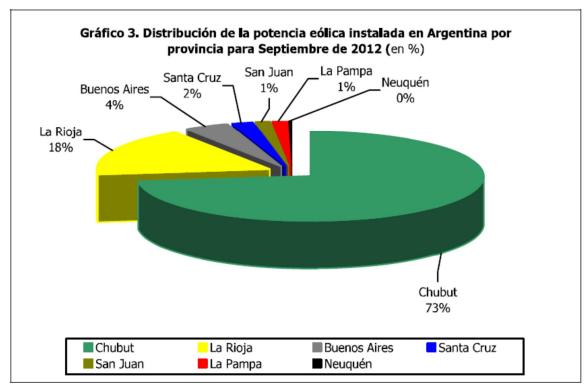


Figura 29- Distribución de la potencia eólica instalada en Argentina.

Energía de biomasa:

Argentina se va posicionando gradualmente a nivel internacional en estos temas, disponiendo de un gran potencial de biomasa para la producción de energéticos, ya sea de cultivos especiales para bioenergía, como de residuos de las actividades agrarias en general, y de residuos sólidos urbanos (RSU).

a) Residuos sólidos urbanos provenientes de la Cuenca Matanza-Riachuelo

En virtud del Convenio de Cooperación, suscripto por ENARSA con la autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo "ACUMAR", la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado "CEAMSE" y el Ministerio de Defensa de la Nación, en el que las partes manifestaron su interés común en optimizar el uso de los residuos sólidos urbanos provenientes de la CUENCA MATANZA-RIACHUELO, a través de la generación de energía eléctrica.

El proyecto, se emplazará en el ámbito del Complejo Ambiental NORTE III de CEAMSE – partido Gral. San Martín, provincia de Buenos Aires- y comprende la instalación de un termovalorizador de RSU, de tipo WTE,(Waste To Energy), que utiliza el proceso de combustión para conseguir el dúplice resultado de destruir los residuos provenientes de la cuenca media y baja y producir energía eléctrica.

La central generará 50MW, en base al procesamiento de entre 3.600 Ton/día a 2.400 Ton/día, estará estructurada sobre cuatro (4) líneas iguales y contará con dos (2) turbinas para evitar tomar energía eléctrica de la red, por avería o manutención, como ocurriría con una sola turbina.

b) Aprovechamiento del bagazo de la caña de azúcar y de residuos forestales

Como subproducto del tratamiento de la caña de azúcar en los Ingenios, queda el bagazo, el cual es aprovechado como insumo por su poder calorífico para generar energía eléctrica. Del mismo modo ocurre con los recursos forestales, donde se emplean tanto los despuntes de montes como los recortes de madera provenientes de los aserraderos. En este sentido, las provincias de Misiones, Corrientes, Tucumán y Salta, entre otras, son las más propicias para obtener este tipo de recursos. Se adjudicaron 2 proyectos: "Posadas", de 1,5 MW y "Leandro N. Alem", de 6MW ambos en la provincia de Misiones. Estos proyectos se encuentran en la etapa de perfeccionamiento de contrato.

Se adjudicaron 6 centrales: "Aristóbulo del Valle I y II" de 6 MW cada uno, en la provincia de Misiones, "Garruchos" de 36 MW, en la provincia de Corrientes, "Ingenio La Florida" de 45 MW e "Ingenio Santa Bárbara" de 8 MW, ambos en la Provincia de Tucumán, y "Tabacal" de 32 MW en la provincia de Salta. Las centrales "Ingenio Santa Bárbara" de 8 MW y "Tabacal" de 32 MW se encuentran en operación comercial desde el 10 y 7 de septiembre de 2013 respectivamente, mientras que la central "Ingenio La Florida" se encuentra con contrato vigente en la etapa de ejecución de obra. El resto de los proyectos están en proceso de perfeccionamiento de contrato.

c) Contratación de la primera etapa del Centro Ambiental de Recomposición Energética (CARE).

El Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios, suscribió un convenio con el Municipio de La Matanza, para llevar adelante un emprendimiento que permita alcanzar los objetivos fijados en la Ley nacional N° 25.916 y la Ley provincial N° 13.592, aprovechando al mismo tiempo el potencial energético de los residuos sólidos urbanos (RSU).

Con fecha 26 de Febrero 2013 se dio inicio a la obra. El proyecto integral se completa con una segunda etapa que es la planta de generación de energía eléctrica con RSU y su conexión a red. En esta primera etapa se recuperaran todos los materiales que puedan reutilizarse o que puedan ser reintegrados a las cadenas de valores y/o insumos, para reducir el consumo de nuevas materias primas, protegiendo los recursos naturales. Los materiales recuperados serán: plásticos, papeles, cartones, vidrios, metales, bricks y otros envases reciclables de primera (aprox. 10%); otros como restos de madera y poda, papeles humedecidos o mezclados con otros materiales o residuos, plásticos no comerciables, gomas, cueros, telas y otros identificados como reciclables de segunda categoría (SRF Solid Recycle Fuel) que alcanzarían al 30% de los residuos ingresados, con este combustible sólido recuperado, se podrá sustituir el gas en las grandes cementeras o instalaciones industriales que se encuentren adaptadas a tal fin.

El resto de los residuos, alrededor del 60%, mayormente restos de comida (orgánicos húmedos) se seguirán trasladando, en un principio, al relleno o podrán comportarse para obtener una enmienda orgánica o material de aporte para el relleno de tosqueras o sitios degradados, con el objeto de recuperar espacios públicos y/o de esparcimiento, mientras se prepara la licitación de la segunda etapa de CARE, con valorización energética de estos residuos. Se estima que la generación esperada será de alrededor de 8 MWh en virtud de la cantidad de residuos orgánicos cercana a las 900 toneladas/día, de un total de 1.500 toneladas/día clasificadas en el CARE. Actualmente la obra se encuentra en ejecución.

La potencialidad de combustión será de entre 3600 Ton/día de RSU, (para PCI = 1600 kcal/kg) y 2400 Ton/día (para PCI = 2400 kcal/kg). (ENARSA, s.f.)

Energía geotérmica:

Está dentro de los proyectos del Gobierno nacional la construcción de una central geotérmica "Copahue II" en las termas de Copahue (Neuquén) que generaría 100 megavatios (MW). Se calcula que abastecería de electricidad a 15.000 habitantes. Según estiman las autoridades el costo sería de aproximadamente U\$S 600/kilovatio.

La central experimental Copahue I fue realizada en 1988 con capital japonés, abastecía 0,67MW. Actualmente está fuera de servicio. (Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable de la nación, s.f.)

• Zonas Geotérmicas de Argentina en estudio:

- Copahue-Caviahue (provincia de Neuquén): se encuentra en la etapa de desarrollo un proyecto para suministrar calefacción para la población de Caviahue utilizando el recurso de Copahue. En abril de 1988 se instaló una central geotérmica piloto de una potencia igual a 670 kW.
- 2. Domuyo (provincia de Neuquén): actualmente provee en forma directa calefacción y agua caliente a un pequeño complejo turístico Villa Aguas Calientes.
- 3. Tuzgle (provincia de Jujuy y Salta)
- 4. Río Valdez (provincia de Tierra del Fuego): presenta buenas condiciones geotérmicas. Posibles aplicaciones: calefacción de edificios, suministro de agua caliente para uso doméstico, público e industrial.
- 5. Bahía Blanca (provincia de Buenos Aires)
- 6. Caimancito La Quinta El Palmar (provincia de Jujuy)

3. Vehículo eléctrico:

En los códigos de tránsito actuales en Argentina, los vehículos parecen ser sólo a combustión interna: a las motos se las clasifica por sus centímetros cúbicos, que es el volumen de sus cilindros, porque en la época en que esos códigos fueron creados, no se pensaba aun en la movilidad eléctrica. Habrá que hacer cambios importantes de estos códigos, si se quieren tener EV en Argentina.

Algunas universidades, institutos de I+D y emprendedores de toda clase, ya están desarrollando en sus talleres sus primeros prototipos. Podemos citar algunos fabricantes locales que se animaron con los EV y los tienen en desarrollo o en producción: (i) ArqBravo3, quien está recibiendo más atención en EEUU que en Argentina; (ii) Melex, quienes tenían un pequeño vehículo utilitario listo para transitar, pero no prosperó porque aún no se puede patentar; (iii) Zanella, fabricante de motocicletas, quienes están dispuestos a convertir algunos de sus modelos a EV, incluyendo un auto, esto si existiera un marco regulatorio y un contexto de mercado adecuado. Existe además un "Ecobus" desarrollado en la UNLP, en circulación. Además de los posibles desarrollos locales a nivel de EV, sería también posible fabricar baterías de litio de la más nueva generación, gracias a Y-Tec (YPF tecnología), quienes cuentan con un programa de desarrollos de baterías de litio 100% nacionales.

Las cuestiones de homologación de los nuevos EV, su verificación técnica para constatar los detalles de seguridad, calidad, y ausencia de defectos en el diseño, y la salud de la red eléctrica argentina, irán desde el principio inseparablemente ligadas. Hoy en día no existen requisitos ni instrucciones técnicas necesarias en los centros de verificación técnica de vehículos como para abordar la seguridad de dispositivos eléctricos ante posibles cortocircuitos e incendios, dentro de los EV y en las instalaciones aledañas, como los cargadores de baterías.

En la Ley Nacional de Tránsito Argentino (Ley Nac. 24.449) está escrito que los vehículos que pueden circular, en particular las motos y ciclomotores, se clasifican, entre otros criterios, según sus centímetros cúbicos, existiendo procedimientos para la homologación de la clase de cada vehículo. Para admitir EV, habrá que clasificarlos según su potencia real expresada en kiloWatts (kW) y habrá que normalizar los procedimientos para homologarlos, en términos de elementos exigibles de seguridad, tanto vial como eléctrica.

Independientemente de la preeminencia de las normas de niveles nacionales, provinciales y municipales, cada una en su jurisdicción, cierta flexibilidad existe como para que un municipio o una provincia puedan autorizar y reglamentar el uso de los vehículos eléctricos dentro de su ámbito propio, siempre y cuando no haya conflicto con normas del nivel superior. Ya existen algunas experiencias pioneras de normativas sobre EV, como por ejemplo, en Mendoza y en la ciudad de Buenos Aires. En algunos casos, los municipios usaron desde hace décadas, vehículos eléctricos especiales; en el transporte público, como los trolebuses, que llevan patentes municipales especiales (Zagorodny, 2012).

En definitiva, el panorama para la inserción masiva de los vehículos eléctricos en Argentina, y pese a que ya se encuentran en desarrollo algunos proyectos de EV de fabricación 100% nacional, necesita la revisión y establecimiento de acciones claras en pro de fortalecer la iniciativa, tales como:

- Habilitar y regular la homologación y patentamiento de VE con requisitos de seguridad eléctrica y vial.
- Habilitar y regular el otorgamiento de licencias de conductor para EV
- Regular las instalaciones eléctricas asociadas a los EV (estaciones de carga), compatibilizar y beneficiar a la red eléctrica de distribución
- Estimular y promover la industria nacional de los VE y sus asociados
- Promover el uso y creación de los mercados de los EV
- Promover la industria nacional de las baterías de litio, declararla de interés nacional.
- Regular la disposición y reciclado de residuos.

4. Smart metering:

En los países de la región, y particularmente en la Argentina, la etapa de automatización de las redes, se encuentran en un importante estado de desarrollo, en particular lo que refiere al equipamiento de maniobra y operación. Es decir, los automatismos y controles en la generación y transporte son adecuados. En lo que respecta a la distribución si bien hay avances importantes, aún se requieren trabajos para llevarlos a los estándares correspondientes a una smart grids.

Lo que respecta a las redes de baja tensión, llamado usualmente "la última milla", requiere la mayor inversión y trabajos.

Actualmente hay varios proyectos en curso, cada uno de aproximadamente cien puntos de medición, que incluyen aquellos de Edenor en Buenos Aires, de EPEC en Córdoba, de Energía San Juan en San Juan, y de EDET en Tucumán.

Por otro lado, Argentina avanza en el desarrollo de dos proyectos piloto: el primero de ellos, ya se encuentra funcionando y está ubicado en la Cooperativa de Obras y Servicios Públicos de la localidad de Armstrong en la provincia de Santa Fe. El mismo contempla 700 medidores del tipo prepago y la instalación de al menos 1.000 medidores tele-gestionados con tecnología PLC.

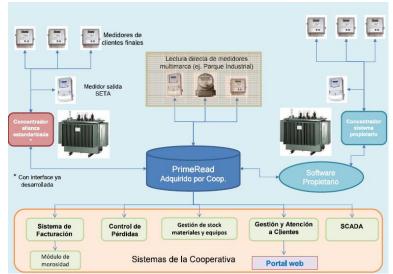


Figura 30- Proyecto piloto de Smart metering- Cooperativa de Trenquelaunquen.

El otro proyecto es con la Cooperativa de Electricidad de Trenque Lauquen en la provincia de Buenos Aires. Actualmente se está trabajando sobre el financiamiento de este proyecto.

5. Calidad de la energía:

La reestructuración del sector eléctrico argentino introdujo nuevos conceptos en lo que respecta a la calidad del servicio suministrado, que si bien no resultaban técnicamente desconocidos con anterioridad, no eran de aplicación sistemática en las empresas distribuidoras estatales.

En general no existían límites admisibles para la prestación en lo que se refiere a la calidad del suministro y, de existir, no se desarrollaban metodologías precisas de control, ni se encontraban penalizados los apartamientos a los mismos, como tampoco se bonificaba a los usuarios por recibir una calidad de servicio inferior a la correspondiente a la tarifa abonada.

Como resultado de la mencionada reestructuración, los contratos de concesión del servicio público de distribución de energía eléctrica prevén la existencia de un régimen de penalizaciones en los casos en que las concesionarias superen los límites establecidos de calidad del servicio, basados en el costo de la energía no suministrada, otorgando a las empresas una señal para que sus inversiones sean acordes a las previstas al momento de determinar las tarifas.

La calidad del servicio suministrado por las empresas concesionadas por el eoder Ejecutivo nacional es controlada por el ENRE, en los siguientes aspectos: calidad del servicio técnico (frecuencia y duración de las interrupciones), calidad del producto técnico (nivel de tensión y perturbaciones) y calidad del servicio comercial (tiempos de respuesta para conectar nuevos usuarios, emisión de facturación estimada, reclamos por errores de facturación, restablecimiento del suministro suspendido por falta de pago).

El subanexo 4 de los respectivos contratos de concesión prevé diversas etapas consecutivas de control, las que se identifican a continuación para las empresas EDENOR S.A. y EDESUR S.A. Las correspondientes a EDELAP S.A. se desplazan en función a la fecha de toma de posesión que fue el 22/12/92.

Etapa Preliminar, de un año de duración a partir de la fecha de toma de posesión (1° preliminar de setiembre de 1992 - 31 de agosto de 1993), en la cual se efectuó la revisión e implementación de las metodologías de control. No se previeron ni aplicaron penalizaciones, constituyéndose en un período destinado a la realización de inversiones para adecuar las instalaciones a las exigencias de calidad de servicio previstas en la etapa siguiente.

Etapa 1, de tres años de duración (1° de setiembre de 1993 - 31 de agosto de 1996), en la cual se establecieron controles de la Calidad del Servicio Técnico en función a indicadores de frecuencias y tiempo total de las interrupciones y de la Calidad del Producto Técnico sólo en lo que se refiere a los apartamientos del Nivel de Tensión. En esta etapa se aplicaron sanciones en los casos en que se registraron apartamientos a los límites establecidos.

Etapa 2, se inició a partir del 1° de setiembre de 1996, efectuándose controles a nivel de usuario, tanto en lo que se refiere a la calidad del servicio técnico como a la calidad del producto técnico, contemplándose para esta última el control del nivel de tensión y de las perturbaciones. Al igual que en la etapa 1, se aplican sanciones en todos los casos en que se registren apartamientos a los límites establecidos.

El marco regulatorio argentino y específicamente el subanexo 4 de los contratos de concesión de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, incluyen indicadores de calidad originales e innovadores que obligan a que el control se realice a nivel de suministro, tanto de las interrupciones como de los niveles de tensión y perturbaciones. De manera que los apartamientos a los límites establecidos derivan en sanciones a las distribuidoras que son acreditadas a los usuarios afectados por la mala calidad del servicio, aplicando bonificaciones en las respectivas facturas.

Tales obligaciones implicaron un importante desafío, tanto para las concesionarias de distribución como para el propio organismo en su rol de controlador de la gestión de esas empresas.

Tabla 7- Indicadores. Limites admisibles en los indices de continuidad de servicio

FRECUENCIA DE INTERRUPCIONES (Interrupción/semestre)	
JSUARIOS en AT	3
USUARIOS en MT	4
USUARIOS en BT (grandes demandas)	6
USUARIOS en BT (pequeños y medianas demandas)	6
TIEMPO MAXIMO DE INTERRUPCION (horas/interrupción)	
USUARIOS en AT	2
The state of the s	3
USUARIOS en MT	
USUARIOS en MT USUARIOS en BT (grandes demandas)	6

5.2 MODELO DE ROADMAP PROPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS SMART GRIDS EN LATINOAMÉRICA

5.2.1 Componentes del modelo

Las smart grids proporcionan una oportunidad para vincular social, financiera,tecnológica y reglamentariamente los objetivos políticos de un país.

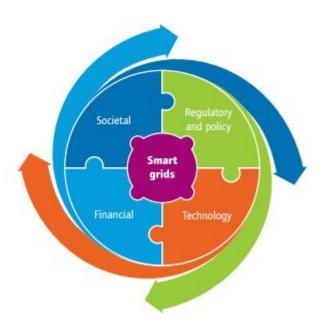


Figura 31- Las SG pueden vincular los sistemas eléctricos con los objetivos de los stakeholders.

La hoja de ruta que aquí se propone está organizada en seis secciones. La primera de ella presenta una mirada a los desafíos que enfrentan las redes de hoy y los beneficios que ofrecen las redes inteligentes. La segunda describe el estado actual, el despliegue de redes inteligentes y sus políticas, y además propone acciones e hitos para su desarrollo e

implementación. La quinta sección discute la actual y futura colaboración internacional, y por último la sección sexta propone un plan de acción e identifica los próximos pasos que

El objetivo de una hoja de ruta es:

- a) Incrementar el entendimiento de todos los interesados en función de los costos y beneficios de las SG.
- b) Identificar las más importantes acciones requeridas para desarrollar las tecnologías involucradas con las SG y las políticas que contribuyan a alcanzar los objetivos energéticos y climáticos.
- c) Desarrollar caminos a seguir y los objetivos basados en las condiciones regionales.

1. Desafíos de las redes eléctricas de hoy y del futuro

La demanda futura y el suministro:

La electricidad es la componente con mayor crecimiento dentro de la demanda global de energía, con expectativas de crecimiento entre el 150% y el 115% desde 2007 hasta 2050 (International Energy Agency, 2010).

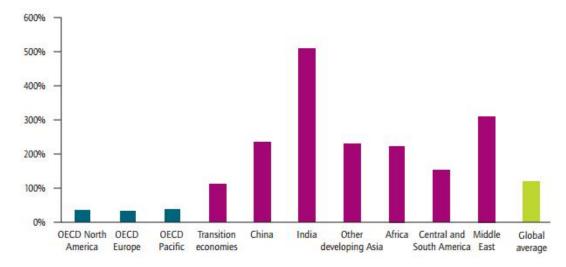


Figura 32- Crecimiento global en el consumo de energía entre 2007- 2050

Las economías emergentes tendrán que implementar y hacer uso de las redes inteligentes para satisfacer eficientemente el rápido crecimiento de la demanda de electricidad.

• Desplieque de las tecnologías de generación:

Los esfuerzos para reducir las emisiones de CO₂ están relacionados también con la generación de electricidad y la reducción en las importaciones de combustibles fósiles, para que esto ocurra deberá existir un significante despliegue de variables tecnológicas para la generación de electricidad. Este crecimiento se espera se acelere en el futuro, cuando las regiones incorporen fuentes de energía renovable en sus sistemas eléctricos. La tasa de penetración de estas fuentes de energía, se espera crezca sobre niveles de entre el 15 al 20%, dependiendo del sistema eléctrico de cada país, puede llegar a ser cada vez más difícil garantizar la gestión fiable y estable de los sistemas eléctricos que dependen exclusivamente de las arquitecturas de red convencionales y de una flexibilidad limitada.

Las redes inteligentes apoyarán un mayor despliegue de tecnologías de generación no convencionales, proporcionando a los operadores información del sistema en tiempo real que les permita gestionar la generación, la demanda y calidad de la energía, lo que aumenta la flexibilidad del sistema y ayuda a mantener la estabilidad y el equilibrio.

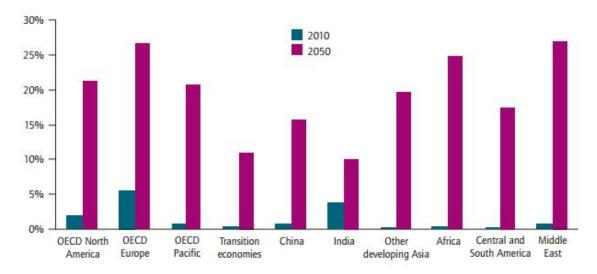


Figura 33- Porción de generación con fuentes de energía no convencionales por región

• Electrificación del transporte:

Son necesarias las SG para permitir la efectiva integración de las nuevas fuentes de energía renovables dentro de los sistemas eléctricos. El BLUE Map scenario (International Energy Agency, 2010), estima que en el sector del transporte crecerá en un 10% el consumo de electricidad de vehículos eléctricos (EV) y vehículos híbridos (PHEV). Si la carga del vehículo no se gestiona de forma inteligente, podría aumentar la carga pico en la infraestructura eléctrica, añadiendo picos de demanda que hoy se encuentran en los sectores residenciales y de servicios, y que requieren grandes inversiones de infraestructura para evitar fallos en el suministro. La tecnología de red inteligente puede permitir que la carga de los EV's sea llevada a cabo de manera más estratégica, cuando la demanda es baja, haciendo uso tanto de generación de bajo costo y de la capacidad adicional del sistema o cuando la producción de electricidad a partir de fuentes renovables es alta.

A largo plazo, la tecnología de smart grids podrías permitir además la entrega de energía almacenada en las baterías de los EV, de vuelta a la red cuando sea necesario.

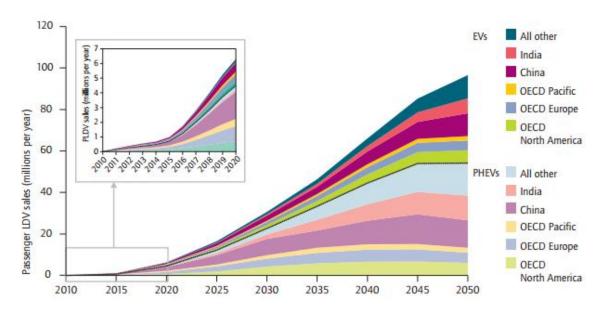


Figura 34- Despliegue de los EV y PHVE en el mundo.

Es inminente el uso SG para la efectiva integración de los EV dentro de las redes eléctricas.

Consideraciones de los sistemas eléctricos

• Envejecimiento de la infraestructura:

La electrificación ha ocurrido para la mayoría de países latinoamericanos en los últimos 100 años, se necesita de inversión continua para mantener la confiabilidad y la calidad de energía. La demanda crece y cambia y la generación distribuida se hace cada vez más generalizada, así el envejecimiento de la infraestructura de distribución y transmisión es inminente y tendrá que ser reemplazado y actualizado, desplegado nuevas tecnologías. Por desgracia, en muchas regiones, la inversión en tecnología necesaria se ve obstaculizada por las estructuras de mercado y políticas regulatorias existentes, que a menudo tienen largos procesos de aprobación y no captan los beneficios de tecnologías nuevas e innovadoras. Tecnologías de redes inteligentes ofrecen la oportunidad de maximizar el uso de la infraestructura existente a través de la mejoría en el control y la gestión de la red.

Demanda pico:

La demanda de electricidad varía en relación a las horas del día y a las estaciones. La infraestructura de los sistemas de electricidad está diseñada para atender el más alto nivel de demanda, por lo que durante las horas de demandas no-pico los sistemas están típicamente subutilizados. Diseñar un sistema para satisfacer las demandas pico ocasional requiere inversiones que no serían necesarias si la curva de demanda fuera más plana. Las redes inteligentes pueden reducir la demanda máxima, proporcionando información e incentivos a los consumidores para que puedan cambiar el consumo fuera de los períodos de máxima demanda.

Esta flexibilidad del sistema, permite también el despliegue de nuevas tecnologías de generación. La reducción de la demanda máxima es probable que sea la prioridad, porque

la demanda a nivel de sistema es relativamente predecible en comparación con la generación a través de fuentes de energía renovable. La gestión de la demanda máxima puede permitir una mejor planificación de todo el sistema eléctrico, el aumento de las opciones para las nuevas cargas, como los vehículos eléctricos, el despliegue de tecnologías de almacenamiento de energía y de las tecnologías de generación. Estos beneficios son esenciales para los nuevos sistemas en los que el crecimiento de la demanda será muy alto, los actuales por ende necesitarán para mantener abastecimiento de la demanda existente y además suplir la nueva demanda, incorporar nuevas tecnologías a su red.

Fiabilidad de la electricidad

El creciente consumo de energía y los recientes fracasos de algunos sistemas han puesto el foco en el rol que pueden cumplir las SG en incrementar la fiabilidad en el suministro de electricidad. La North American Electric Reliability Corporation (NERC)⁶, define la fiabilidad de los sistemas eléctricos interconectados en dos aspectos fundamentales: suficiencia y seguridad.

Suficiencia es la capacidad del sistema de proveer la demanda agregada y la energía requerida p sus clientes en todo momento, teniendo en cuenta los cortes de servicio programados y los inesperados pero razonables sucesos de falla de los componentes del sistema.

Por su parte la seguridad contempla todas las demás perturbaciones del sistema que derivan en una interrupción del servicio no planificada, independientemente de la causa.

• Seguridad cibernética:

La SG pueden proveer más fiabilidad y seguridad a los sistemas eléctricos, pero el uso de las nuevas TICs⁷ también pueden introducir vulnerabilidades que ponen en peligro la fiabilidad, incluyendo la posibilidad de ataques cibernéticos. La seguridad cibernética está siendo abordada por varias organizaciones internacionales.

Un estudio reciente de EE.UU. resumió los siguientes resultados (GAO (United States Government Accountability), 2011):

- a) Los consumidores no son informados adecuadamente sobre los beneficios, costos y riesgos asociados con sistemas de redes inteligentes.
- b) Características de seguridad insuficientes se están construyendo en ciertos sistemas de redes inteligentes.
- c) La industria eléctrica no tiene un mecanismo eficaz para compartir información sobre la seguridad cibernética.
- d) La industria de la electricidad no tiene métricas para la evaluación de la seguridad cibernética

Estos resultados confirman que la seguridad cibernética debe ser considerada como parte de una estrategia de despliegue de las redes inteligentes .Se pueden aprender de otras industrias que han abordado estos desafíos, como la banca y las empresas de telefonía

_

⁶NERC: Su papel es mejorar la fiabilidad y seguridad de los sistemas de potencia en los Estados Unidos, Canadá y parte de México.

⁷ TICs: Tecnologías de información y comunicación.

móvil, de cualquier forma en el contexto de proyectos de infraestructura es necesario un enfoque dedicado.

2. Despliegue de las smart grids

Son muchas las áreas de tecnología de las SG, algunas de ellas están siendo activamente desarrolladas y son consideradas maduras en ambos aspectos: desarrollo y aplicación, mientras que otras requieren desarrollos futuros y demostraciones para hacerlas consistentes y robustas. Un escenario optimista propone el desarrollo de estas tecnologías en todas sus áreas. Sin embargo, no es necesarias la implementación de todas ellas para incrementar la "inteligencia" de la red.

- Monitoreo y control del área
- Integración de las tecnologías de información y comunicación
- Integración de las energías renovables y la generación distribuida
- Mejora en las aplicaciones de transmisión
- Gestión de la red de distribución
- Infraestructura avanzada de medición (AMI)
- Infraestructura para la carga de los EV
- Consumidores inteligentes

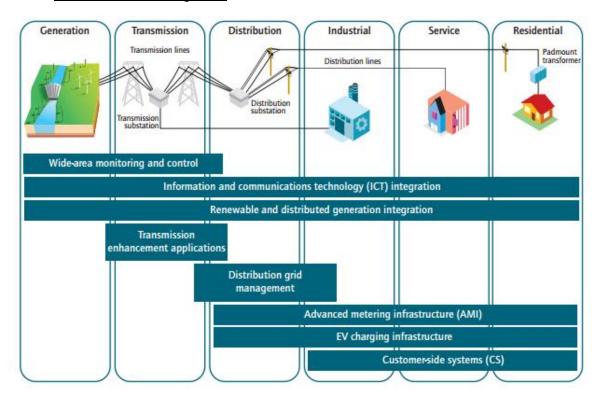


Figura 35- Áreas tecnológicas de las SG.

Consideraciones en la implementación de las smart grids para los países en vía de desarrollo:

Países como los nuestros, en desarrollo o con economías emergentes son a menudo catalogados como aquellos con un crecimiento elevado en la demanda de electricidad, altos

niveles de pérdidas técnicas y comerciales en un contexto de rápido crecimiento económico y de desarrollo, alta densidad demográfica y población rural dispersa.

Estos aspectos presentan dos significativos desafíos y oportunidades. Las SG pueden jugar un papel relevante en el desarrollo de la nueva infraestructura eléctrica al permitir mayor eficiencia en la operación de los sistemas y menores costos asociados.

Pequeños sistemas "remotos" - que no están conectados a una infraestructura eléctrica centralizada y empleados inicialmente como un enfoque rentable para la electrificación rural - más tarde podrían conectarse fácilmente a una infraestructura nacional o regional.

Como un medio para acceder a la electricidad en zonas poco pobladas, las redes inteligentes podrían permitir una transición simple, hacia la electrificación (por ejemplo, con baterías o energía solar fotovoltaica, basada en la electrificación de los hogares) de comunidades que después pueden conectarse a nivel nacional y regional.



Figura 36- Ejemplo de desarrollo de electrificación rural usando el concepto SG.

Las etapas de despliegue de la figura anterior requieren normalización e interoperabilidad para escalar hasta el siguiente nivel con una mayor cantidad de la oferta y la demanda. Cada etapa sucesiva puede aumentar la fiabilidad y la cantidad de energía disponible siendo gestionados de una manera que permite una transición fácil para la comunidad.

Las economías emergentes deberían evaluar qué lecciones se puede aprender de las manifestaciones de redes inteligentes y despliegue de estas en los países desarrollados.

En última instancia, la implementación de redes inteligentes se espera que sea similar en todo el mundo, pero los caminos elegidos y el tiempo que se tarden en implementar podría ser bastante diferente (Bazilian, 2011).

Situación del mercado eléctrico y su regulación:

Los mercados y sistemas regulatorios actuales, tanto a nivel minorista como mayorista, pueden presentar obstáculos para la demostración y el despliegue de las redes inteligentes. Es de vital importancia que los modelos regulatorios y de mercado - tales como los relativos a inversión en el sistema, precios y la participación del cliente - evolucionen a medida que las tecnologías ofrecen nuevas opciones.

Algunos mercados permiten utilities verticalmente integradas, que son dueñas y operan los activos de infraestructura en los sectores de generación, distribución y transmisión. Esto asegura que los costos y beneficios de la implementación de la tecnología sean compartidos y gestionados de manera eficiente a través de los diversos sectores.

Estructuras integradas verticalmente también permiten la inversión y el desarrollo más adecuado y totalmente integrado del sistema de energía en todo su conjunto, y no sólo la evaluación de costos y beneficios en una parte del sistema eléctrico. Puede ser difícil para los competidores entrar en dichos mercados y competir con jugadores titulares, lo que podría obstaculizar la innovación y aumentar los precios para los consumidores. Sin embargo, el clima para la competitividad depende en gran medida de si el mercado se rige por estructuras regulatorias apropiadas.

La desagregación del sistema eléctrico, que tiene por objeto permitir una mayor competencia, ha requerido entidades que operen de manera transversal en todo el sistema para dividir en unidades, ya sea funcionalmente mediante la creación de equipos operativos separados dentro de las empresas o legalmente mediante la venta de empresas o la creación de otras nuevas para separar las actividades. Actividades basadas en el mercado suelen incluir el sector de generación y el sector minorista. En el sector de generación, los mercados se han desarrollado en un contexto en el que los generadores venden la electricidad dentro de una estructura que define los precios, plazos y demás normas. En el sector minorista, a veces, el operador del sistema de distribución todavía vende la electricidad a los consumidores y, a veces nuevos participantes entran en el mercado para comercializar sólo los servicios de electricidad.

La introducción de las actividades basadas en el mercado a través de la desagregación ha traído muchos beneficios para el sector eléctrico, sobre todo una presión a la baja continua de los precios, pero tales objetivos también puede ser encontrado en los mercados integrados verticalmente. Existen diversos grados de desagregación alrededor de todo el mundo. La desagregación también hace que sean difíciles de capturar los costos y beneficios obtenidos por las diversas implementaciones de tecnología en todo el sistema especialmente con respecto a las redes inteligentes. Las inversiones de redes inteligentes son susceptibles de ser desplegadas con mayor rapidez en los servicios públicos integrados verticalmente. En muchas de las áreas en las que el despliegue masivo de las SG no sea posible, considerando un esquema desagragdo, se requiere una cooperación más estratégica entre los operadores de las redes de distribución y las redes de transmisión.

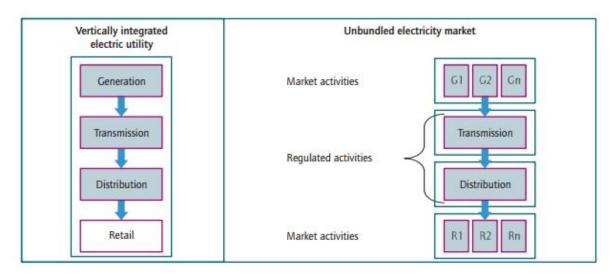


Figura 37- Mercados eléctricos verticalmente integrados y desagregados

3. Desarrollo de tecnologías: acciones

Esta propuesta de recomienda las siguientes acciones:

- Construir demostraciones a escala comercial que operen a lo largo de todo el sistema generación, transmisión, distribución y usuario final incorporando un modelo de negocio adecuado que aborde cuestiones claves, incluidos el costo, la seguridad
- Habilitar un mayor nivel de respuesta a la demanda de los clientes de los sectores industriales, de servicios y residenciales coordinando la colaboración y responsabilidades entre los diferentes stakeholders del sistema eléctrico.
- Desarrollar y demostrar tecnologías basadas en el consumidor incluyendo el consumo consciente, la regulación y aspectos técnicos.

Desarrollo y demostración

La necesidad de demostraciones a escala comercial:

La continua inversión en la búsqueda y el desarrollo de nuevas tecnologías es necesaria, pero es aún más importante incrementar las inversiones en proyectos de demostración que capturen información real, integradas con las estructuras de negocio y regulatorias adecuadas y que trabajen a través de las barreras de los sistemas segmentados, especialmente interactuando con los usuarios finales.

Sólo a través de manifestaciones a gran escala, lo que permite el aprendizaje compartido, la reducción de riesgos y la difusión de las mejores prácticas, se puede acelerar el despliegue de las redes inteligentes.

• Respuesta de la demanda:

La respuesta a la demanda (DR) es una de los puntos clave de acercamiento a las SG. Los cambios en los sistemas de generación con la inclusión de nuevas fuentes permitirá abastecer de manera más eficiente (mayor cobertura) la demanda global y tal como prevén las estadísticas, habrá un incremento en el consumo de electricidad lo que traerá consigo dos fenómenos: el estrés de los sistemas eléctricos y el incremento de los picos de demanda.

Para responder eficientemente a la demanda es necesario el uso de un gran número de tecnologías señaladas anteriormente incluidas las orientadas a consumidores inteligentes, infraestructuras de medición avanzadas y el gerenciamiento y automatización de los sistemas de distribución. Adicionalmente existen tres principales grupos de consumidores con diferentes perfiles de DR: industriales, servicios y residenciales. Un número relativamente reducido de clientes industriales con grandes demandas de electricidad podrían tener un impacto significativo en el sistema eléctrico; existen tecnologías maduras y enfoques de mercado para aplicaciones en este tipo de clientes finales. Un gran número de clientes residenciales tendrán un efecto similar en el comportamiento de la tecnología, pero el modelo de mercado es mucho menos maduro. El sector de servicios está en un lugar en el medio.

La respuesta de demanda puede reducir significativamente las demandas pico, proporcionando al sistema la flexibilidad necesaria, en términos de volumen y rapidez de respuesta, que permitan soportar la integración de las nuevas tecnologías de generación.

• Desarrollo de los consumidores basados en tecnologías habilitadas:

Los proyectos piloto han mostrado de manera certera que ciertas tecnologías llamadas de apoyo contribuyen a mejorar el consumo y por ende a ahorrar en las facturas de electricidad. Estas mismas tecnologías también hacen más sustentable el comportamiento de estos clientes finales a lo largo del tiempo.

Considerables innovaciones en este campo se encuentran en camino y están siendo desarrolladas y demostradas en proyectos piloto, incluyendo por ejemplo pantallas o mandos de energía programables. Algunos proyectos en desarrollo están mirando los aspectos del comportamiento en relación al consumo y también las oportunidades para el uso final automatizado de control de carga.

Así pues con tantos campos emergentes, el rango de acercamiento en este sentido a las SG es bastante amplio y los primeros resultados varían considerablemente.

Estándares

En este sentido este modelo de Roadmap recomienda las siguientes acciones:

- El Gobierno y la industria deben evaluar las prioridades y establecer protocolos, descripción técnica y estándares para los equipos, transporte de la información, interoperabilidad y la seguridad cibernética y crear un plan para el desarrollo de estándares.
- Colaboración expandida en el desarrollo de estándares internacionales que permitan reducir costos y acelerar los procesos de innovación.
- Los equipos para las SG y los sistemas inteligentes son provistos por muchos sectores de la industria que históricamente no han trabajado juntos, como fabricantes de equipos, proveedores de tecnologías TIC's, consumidores y proveedores de servicios. Los sistemas de control operados por las utilities cuyas redes de interconexión deben ser capaces de intercambiar información. Aparatos inteligentes de propiedad de los clientes, sistemas de gestión de la energía y los vehículos eléctricos necesitan para comunicarse redes inteligentes. Y para ello normas, definiciones y protocolos para el transporte de los datos son esenciales para que este sistema complejo pueda operar bajo condiciones fiables y seguras.

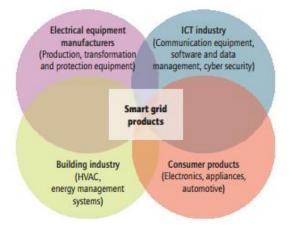


Figura 38- Integración de los stakeholders en el proceso de implementación de las SG.

• Perspectivas internacionales y estándares:

Las inversiones en equipos y sistemas que cumplen con los diferentes estándares nacionales, adicionan costos, que eventualmente son transferidos a los usuarios. Los estándares internacionales, necesitan promover la competencia entre proveedores y expandir el rango de opciones disponibles en las utilities, resultando esto finalmente en reducción de costos para los usuarios. La conexión de los sistemas nacionales de energía con países adyacentes o fronterizos podría facilitar la expansión de estos estándares internacionales. Por todas estas razones es de interés de los países desarrollar las SG colaborando sobre los estándares internacionales.

Las SG eventualmente necesitarán cientos de estándares para estar completamente especificadas. Algunas de las principales áreas son:

- Infraestructura avanzada de medición (AMI)
- Interface de comunicación entre la red y los consumidores para soportar la respuesta de la demanda y las aplicaciones de eficiencia energética.
- Unidades de medición basadas en fasores y otros sensores que aumentan el área de monitoreo.
- Automatización de las redes de distribución e integración de las fuentes de energía renovables.
- Interconexión del almacenamiento de energía
- Comunicación con los EV para el manejo de la carga
- Comunicación de datos en las SG
- Seguridad cibernética.

• Beneficios de la interoperabilidad:

La interoperabilidad se refiere a la habilidad de dos o más redes, sistemas, dispositivos, aplicaciones o componentes de comunicar y operar juntas de manera efectiva, segura y sin intervenciones significativas por parte de los usuarios.

Los estándares previenen la obsolescencia prematura, la facilidad de actualizaciones futuras y la seguridad de los sistemas puede ser escalada para las grandes aplicaciones. Los estándares también pueden proporcionar compatibilidad con versiones anteriores, integrando las nuevas versiones al sistema existente.

4. Políticas y marco regulatorio:

Desarrollar políticas y marcos regulatorios claros soportará las inversiones en el desarrollo de las smart grids, este es quizás la más importante tarea de todos los stakeholders del sector eléctrico. Como muchos de los temas políticos, la clave es encontrar el correcto balance en compartir los cosos, beneficios y riesgos. La responsabilidad para alcanzar dicho balance recae en los entes reguladores y en algunos casos en los legisladores, pero debe incluir la participación de todos los actores interesados.

Smart grids, políticas para el subsistema de abastecimiento:

Este roadmap propone las siguientes acciones:

Intersectorial:

- a) Determinar enfoques para hacer frente a las barreras intersectoriales del sistema y permitir el intercambio práctico de los costos de las redes inteligentes y sus beneficios.
- b) Abordar las cuestiones de seguridad cibernética de forma proactiva a través tanto de la regulación como de la aplicación de las mejores prácticas.

Generación:

- a) Desarrollar un enfoque evolutivo de la normativa para cambiar el escenario de la generación de los activos existentes y convencionales a enfoques más variables y distribuidos incluyendo la participación de grandes y pequeños generadores de electricidad.
- b) Desarrollar mecanismos regulatorios que fomenten modelos de negocio y mercados para permitir una gama más amplia de mecanismos flexibles del sistema eléctrico para apoyar la mayor penetración de la generación a partir de fuentes de energía no convencional.

Transmisión:

- a) Continúo desarrollo de las SG en los sistemas de transmisión para incrementar la visibilidad de los parámetros operativos y la confiabilidad.
- b) Evaluar el estado de los sistemas regionales de transmisión y posteriormente los futuros requerimientos de las aplicaciones en las tecnologías de las smart grids para direccionar los problemas existentes y potencialmente reevaluar las inversiones a corto y mediano plazo.

Distribución:

- a) Determinar los enfoques de políticas que pueden utilizar las redes inteligentes para aprovechar las inversiones en los sistema de distribución de manera estratégica y optimizando los beneficios.
- b) Promover el uso de la información de los sistemas de medición de consumo de energía en tiempo real, permitiendo un óptimo planeamiento, diseño y operación de los sistemas de distribución en cooperación con los consumidores.

Smart grids, políticas para consumidores inteligentes:

Este roadmap recomienda las siguientes acciones:

- Colectar y codificar la información de las buenas prácticas de los proyectos pilotos de smart grids y smart metering e incrementar los estudios del comportamiento de los consumidores, utilizar estos resultados para promover los nuevos proyectos piloto y así la difusión de la tecnología.
- Expandir proyectos pilotos relacionados con respuesta de la demanda automatizando los sistemas, especialmente en los clientes de servicios y residenciales.
- Desarrollar herramientas de uso consciente y racional de la electricidad y políticas de precios que incentiven a los usuarios a realizar cambios en sus comportamientos de consumo.

- Desarrollar nuevas políticas y mecanismos de protección para el control y regulación de la privacidad, propiedad y seguridad de la información relativa al comportamiento de consumo de los usuarios.
- Desarrollar redes de seguridad para los clientes vulnerables que se encuentran expuestos a ser los menos beneficiados por las estructuras de precios de las smart grids y son susceptibles a las funciones de desconexiones remotas producto también de las SG.

Construcción de un consenso acerca del desarrollo de las smart grids:

En este sentido este modelo de roadmap sugiere:

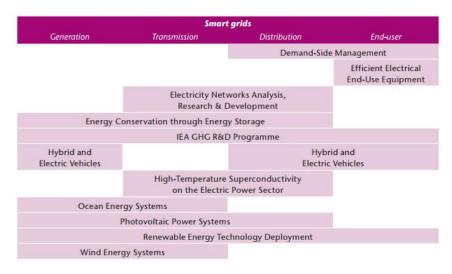
- Acelerar la educación y mejorar el entendimiento de los usuarios y los demás stakeholders acerca de los sistemas de electricidad de manera que se incremente la aceptación de los desarrollos en relación a las SG.
- Desarrollar soluciones tecnológicas en paralelo con las estructuras institucionales dentro de los sistemas de electricidad para optimizar de manera generalizada los costos de operación.

5. Colaboración international

Este roadmap propone en términos de colaboración internacional:

- Expandir la colaboración en relación a las smart grids, particularmente en lo que refiere a los estándares y a compartir los resultados de las demostraciones tecnológicas, en política, regulación y el desarrollo del modelo de negocio.
- Enlazar las áreas tecnológicas de los sistemas de energía que no se encuentran exclusivamente focalizadas en las SG.
- Expandir los esfuerzos de avanzar rápidamente en los países en vía de desarrollo, creando hojas de ruta para la implementación de las smart grids, adaptándolos a los contextos como la electrificación rural, sistemas aislados y enfoques alternativos de facturación.

Tabla 8- Foco de los sectores involucrados en los sistemas eléctricos para la implementación de las SG.



Colaboración internacional y países en vía de desarrollo:

Las smart grids pueden proporcionar beneficios significativos para los países en vía de desarrollo, como los que son objeto de análisis en este trabajo, los cuales están incrementando y mejorando la infraestructura de sus sistemas eléctricos.

La colaboración entre los países en vía de desarrollo y los países desarrollados proporcionará las bases para identificar problemas y soluciones basados en la experiencia internacional.

Colombia, Brasil y Argentina, han iniciado actividades relacionadas con las SG y algunos de estos esfuerzos incluyen la colaboración internacional (Argenitina y el DOE). Hojas de ruta adaptadas que permitan definir las necesidades comunes en muchos de los países en vías de desarrollo, proporcionarían mucho valor al proceso.

Estas hojas de ruta podrían identificar las barreras al mayor despliegue de la tecnología y la manera de superarlos, incluyendo la regulación, políticas, finanzas y los objetivos de desarrollos tecnológicos y de modelos de negocio. Además, el modelado de sistemas de energía, el desarrollo de normas, precedentes de legislación y la creación de capacidades ayudarían a identificar y priorizar el desarrollo de las necesidades específicas de cada país y el despliegue de tecnologías avanzada (Bazilian, 2011). Plataformas internacionales como ISGAN y GSGF, así como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y otras organizaciones que se centran en las necesidades de los países en desarrollo, podrían ser utilizadas para ayudar a los esfuerzos de creación de capacidad de implementación y para compartir las lecciones y experiencias aprendidas.

5.3 COLOMBIA, BRASIL Y ARGENTINA UN BENCHMARKING SOBRE EL ESTADO DEL ARTE:

Tal como se ha declarado a lo largo de todo el documento, los datos compilados en este trabajo, han sido relevados de las diferentes plataformas creadas por los países objeto de análisis.

En esta sección, haremos la respectiva tabulación de la información, considerando el estado del arte de cada país, desarrollado a lo largo del numeral 6.3.2.Dicha tabulación, contemplará los cinco parámetros de análisis definidos como fundamentales, dentro del alcance de este trabajo para la implementación de las smart grids dentro del contexto latinoamericano.

El primer concepto que analizaremos es el punto de partida para la implementación de las SG y la incorporación de estas a las redes eléctricas existentes. La existencia o no de un mapa de ruta, cuya función es definir las etapas y plazos de cada una de las actividades que deben llevarse adelante con el objetivo de avanzar hacia una red eléctrica más inteligente.

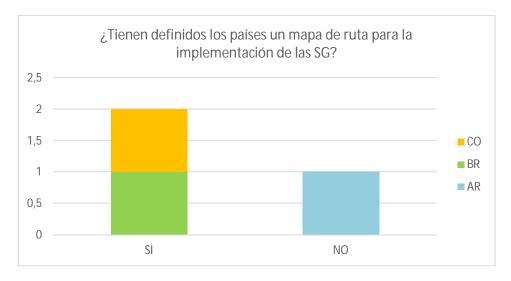


Gráfico 1- Definición de un Mapa de Ruta para la implementación de las SG en CO,BR y AR.

Colombia y Brasil son los países que tienen claramente establecida una hoja de ruta para avanzar en la incorporación del concepto de smart grids dentro de sus redes eléctricas existentes. Por su lado, Argentina si bien avanza en este proceso de incorporación de algunos de los conceptos de SG, no tiene planteado a la fecha un mapa de ruta que deje ver de manera desagregada y delimitadas en el tiempo, el listado de actividades necesarias para conseguir una red que pueda ser considerada como inteligente.

Otro punto importante en lo que respecta a SG y su "correcta" implementación, alude a realizar estudios de viabilidad, previo a la difusión de las tecnologías que este concepto involucra.

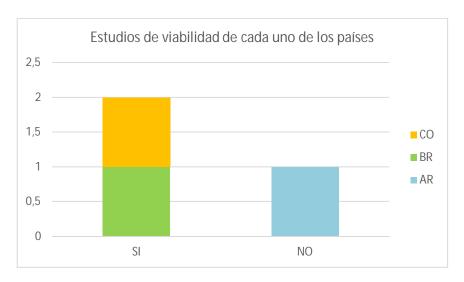


Gráfico 2- Estudios de viabilidad para la implementación de las SG hechos por CO,BR y AR.

Tanto Colombia como Brasil, avanzan en comprobar la viabilidad de la masiva implementación de las tecnologías para las SG, a través de sus programas Colombia Inteligente y Redes Inteligente Brasil. En el primero de ellos se involucra de manera

transversal todos los actores dentro del sector energético, desde concesionarias de energía hasta entes reguladores, centros de investigación y la empresa transportadora. El segundo de los programas, Redes inteligentes Brasil, ha sido una iniciativa de la concesionaría de energía más influyente del país, CEMIG, y aunque no parece ser tan abarcativo como el proyecto Colombia Inteligente, busca involucrar a las 36 concesionarias más representativas del contexto Brasilero para definir una propuesta que permita llevar a cabo la migración tecnológica del sector eléctrico en este país.

Por otro lado, Argentina no presenta dentro de su estado del arte, un estudio direccionado a la viabilidad de las SG. Tal vez lo más parecido a ello, es el acuerdo firmado en 2010 entre el Ministerio de Planificación Federal de Inversión Pública y Servicios de Argentina y el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Sin embargo esta alianza, se presenta más como una herramienta de asesoramiento, que como un espacio de análisis en conjunto con todas las partes involucradas dentro del contexto energético argentino.

Otro aspecto fundamental en lo que respecta a la implementación de las smart grids y diría yo, el punto más relevante del éxito de un proceso de incorporación sustentable y eficiente en el tiempo, de las nuevas tecnologías que suponen las redes inteligentes, es un adecuado y detallado marco regulatorio. Este marco debe contemplar instrumentos de regulación y reglas generales, créditos tributarios, exenciones o reembolsos, investigación y desarrollo y electrificación rural.

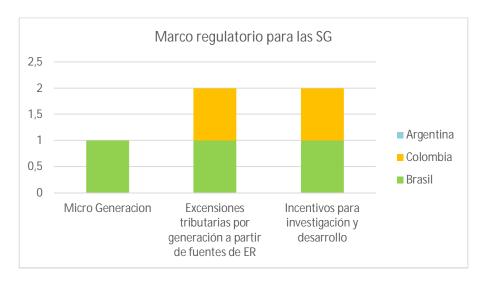


Gráfico 3- Vigencia de un marco regulatorio que contemple las SG en CO,BR y AR.

Dentro del grupo objeto de análisis de este trabajo, Brasil resulta ser quien se encuentra más avanzado sobre este tema, teniendo en vigencia tres resoluciones emitidas por parte de la ANEEL, las cuales i) definen las condiciones generales de acceso a micro generación (hasta 100kW) y mini generación eléctrica (entre 100kW y 1MW); ii) reglamenta los requisitos básicos para la medición electrónica y iii) impulsan la ejecución de proyectos de I + D, pruebas de concepto - PoC y la implementación de proyectos piloto de redes inteligentes que permitan la evaluación de oportunidades en el terreno de las SG.

La situación de Colombia es un poco distinta en este sentido, se evidencia que desde la regulación colombiana existen dificultades para implementar un esquema de smart grids, pues en Colombia la estructura y la legislación están pensada desde la generación a gran

escala, donde los marcos regulatorios no consideran la posibilidad de la generación distribuida, sino centralizada.

Lo que respecta a incentivos y/o exenciones tributarias en el contexto colombiano, el Decreto 2755 de 2003 reglamenta el artículo 207-02 de esta Ley del Estatuto Tributario, en donde se establece la exención de renta por un período de 15 años, contados a partir del 1º de enero de 2003, para la empresas generadoras de energía eléctrica a partir de los recursos eólicos, biomasa o residuos agrícolas.

Ahora bien, desde las políticas de investigación y desarrollo en el país, el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia (Colciencias), tiene un convenio con empresas del sector energético para financiar estudios relacionados con fuentes alternativas de energía.

Por su parte, Argentina no cuenta con una regulación nacional para la generación distribuida que facilite la adhesión de los entes reguladores provinciales bajo un criterio normativo homogéneo, ni cuenta con un criterio tarifario en cuanto a qué retribución puede recibir el usuario dador de energía que compense la que recibe de la red. Tampoco se encuentran específicamente definidos, los beneficios tributarios en lo que respecta al uso de fuentes de ER para generación de energía eléctrica, esto pese a la existencia del Decreto No. 562/09, "Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica".

En lo que respecta a incentivos para la investigación y desarrollo de actividades referentes a las SG, Argentina no presenta políticas claras para impulsar a las empresas públicas o privadas pertenecientes al sector energético. Los avances en estudios que se han obtenido sobre este tema, provienen casi que de manera exclusiva del grupo binacional de trabajo entre Argentina y Estados Unidos.

Otro punto importante en lo que respecta a inserción del concepto de redes inteligentes, es la incorporación de fuentes renovables de energía dentro de la matriz energética. Para efectos de este trabajo, analizamos las de mayor expansión gracias a su eficiencia y disponibilidad del recurso dentro del contexto latinoamericano: eólica, solar, biomasa y geotérmica.

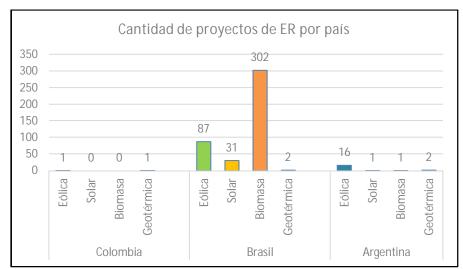


Gráfico 4- Número de proyectos pilotos relacionados con energías renovables en CO, BR y AR.

El gráfico anterior permite evidenciar la notable superioridad de Brasil,en el número de proyectos que incorporan este tipo de fuentes alternativas de energía. Sin duda, la inversión extranjera, de grandes firmas europeas con todo el "know how" en el desarrollo de este tipo de proyectos, ha hecho que en los últimos años, Brasil haya diversificado de manera considerable su matriz energética, que tiempo atrás era casi de manera exclusiva de naturaleza hídrica. Por supuesto el innegable potencial en cuanto a recursos renovables ha hecho de Brasil el escenario latinoamericano por excelencia, para emplazar este tipo de proyectos. Esto acompañado de un contexto socio político favorable y una creciente economía.

Por su parte Argentina, con uno de los mayores potenciales eólicos en el mundo, tiene aún un incipiente desarrollo en lo que respecta a proyectos de naturaleza renovable. Esto puede resultar como producto de una inconsistente política de incentivos para el inversionista privado y un inestable escenario político que supone un riesgo país muy alto, para afrontar proyectos de esta índole.

Por otro lado, las iniciativas a nivel provincial, son todavía muy escasas en proporción a la gran disponibilidad de recurso. Pese a ello, Argentina avanza en explorar, con proyectos piloto, cada una de estas fuentes de energía, de modo que le permitan identificar la viabilidad y/o desafíos que supone el desarrollo de este tipo de proyectos, mientras se hace factible la inversión que permita masificar estas iniciativas.

En último lugar, Colombia evidencia un claro atraso en la incorporación de este tipo de fuentes de generación de energía a su matriz energética, que es en más de un 80% de naturaleza hídrica. Pese a una gran disponibilidad de recurso, en su mayoría proveniente del sol, los proyectos pilotos que se han realizado en este país, no logran encontrar su punto de equilibrio a nivel financiero, por lo que resultan inviables para el inversionista.

Existen en desarrollo estudios para la explotación de este tipo de fuentes, por parte de las principales concesionarias de energía del país, se espera entonces, que a nivel de generación a partir de la biomasa y la energía geotérmica, los resultados sean más alentadores para el contexto energético colombiano, que sin duda necesita diversificar su matriz energética en función de mejorar la interconexión y disponibilidad del recurso, esto planteando un escenario a mediano plazo.

Los vehículos eléctricos también son parte importante de la evolución de los países hacia las redes eléctricas inteligentes.

_

⁸ Know How: Proviene del inglés y significa: saber cómo o saber hacer.

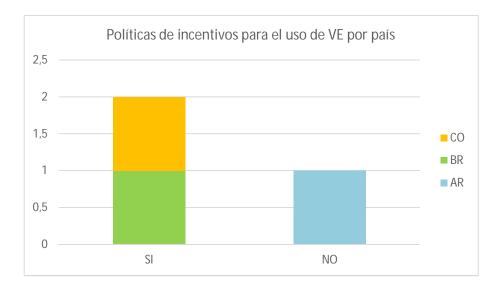


Gráfico 5- Vigencia de políticas de incentivos para la inserción del VE en CO, BR y AR.

En cuanto a las políticas de incentivos para la inserción dentro del sistema de transporte y por supuesto, la actualización de las redes eléctricas existentes para la incorporación de este tipo de vehículos, parece ser Colombia, el país más adelantado en este sentido.

Colombia ya cuenta con una flota importante de EV y un número creciente de estaciones de carga rápida, proyectos promovidos por las principales concesionarias de energía del país, las cuales además dentro de su flota de vehículos empresariales, cuentan con equipamiento de este tipo. Para la masificación de esta tecnología, en Colombia se han adoptado incentivos tales como: movilidad irrestricta y exención del impuesto de consumo.

Por otro lado actualmente, el vehículo eléctrico en Brasil posee un precio superior al de los vehículos de combustión y se proyecta para los próximos años, que esto continué de igual manera. Así pues, para que el EV resulte una realidad en Brasil, es necesario consensuar una estrategia de incentivos entre el Gobierno y el sector automotriz, que permita tener costos de producción más competitivos y así despertar el interés de los consumidores finales, esto deberá a su vez estar acompañado de políticas robustas que hagan factible la masificación de la tecnología de manera sustentable.

Por su lado, Argentina aún presenta una evolución incipiente en este sentido, con una flota de EV pequeña y un marco regulatorio ineficiente para la incorporación de este tipo de vehículos.

Así pues con un marco legal sin definir, está claro que no figuran políticas de incentivos para la introducción masiva de la tecnología al sistema de transporte y a la red eléctrica. Previo a ello, es mucho el trabajo que hay por hacer en este sentido dentro del contexto Argentino.

La incorporación de la medición inteligente, es otro punto clave para avanzar en el concepto de smart grids. La posibilidad de realizar la tele-gestión de estos equipos con la intención, desde el lado de la concesionaria, de disminuir y controlar los niveles de pérdidas de la compañía y, mejorar la calidad de la medición y, desde el lado del consumidor, la posibilidad de realizar un consumo más consciente.

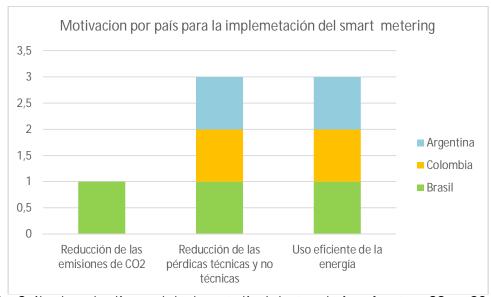


Gráfico 6- ¿Cuál es la motivación para la implementación de las tecnologías referentes a SG en CO, BR y AR?

La motivación para incorporar este tipo de tecnologías en los medidores a nivel de distribución, puede diferir de un país a otro de manera significativa. En el caso de los tres países objeto de análisis de este trabajo, convergen de manera homogénea en algunos de los puntos.

En el caso de Brasil, la motivación radica principalmente en la posibilidad de reducir de manera significativa las pérdidas eléctricas, lo mismo sucede en el caso de Colombia, en donde ésta es, sin duda, la principal motivación, que alienta a las empresas distribuidoras de energía a invertir en proyectos de esta índole. Sin embargo, para Brasil, reducir sus emisiones de CO₂, también resulta una premisa importante. Si bien su aporte, no es representativo en comparación con el contexto global, sí lo es en términos del escenario latinoamericano.

Argentina, tiene algunos proyectos piloto en relación al smart metering y coincide con Colombia y Brasil, en que una de las principales motivaciones; para sustituir la tecnología de medidores electromecánicos, por medidores con capacidad de tele-gestión, es; la gran posibilidad de realizar un consumo más eficiente y racional del recurso energético.

Como último concepto objeto de análisis en este trabajo, tenemos la calidad de servicio, una definición que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, en nuestros países. Dicho concepto principalmente favorece al consumidor y obliga a los proveedores del servicio eléctrico a suministrar el mismo, bajo unos límites establecidos, básicamente a nivel de frecuencia y duración de las interrupciones. Los principales indicadores analizados para definir la calidad de energía, son conocidos como SAIFI⁹ y SAIDI¹⁰.

99

⁹ SAIFI: System Average Interruption Frequency Index

¹⁰ SAIDI: System Average Interruption Duration Index

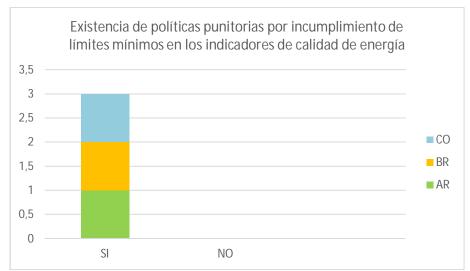


Gráfico 7- Régimen de penalidades por el incumplimiento de los indicadores de calidad de energía en CO, BR y AR.

En cuanto a políticas punitorias, Colombia, Brasil y Argentina, coinciden en marcos regulatorios claros al respecto. Si bien, los límites establecidos en los tres países son diferentes, la regulación de estos, establece que el no cumplimiento de ciertos parámetros en cuanto a la prestación del suministro de energía eléctrica, derivará en una sanción para la empresa distribuidora, la cual deberán resarcir económicamente al consumidor final.

Sin embargo, el contexto político actual de estos países, ha hecho que por ejemplo en el caso específico de Argentina, debido a los altos niveles de subsidio asignados a las tarifas de energía, esto derive en una falta de inversión y actualización de la infraestructura de las redes eléctricas, lo que a su vez desencadena el deterioro de los estándares en la prestación del servicio. Y pese a la existencia de un marco regulatorio, que penaliza el no cumplimiento de dichos estándares, hoy por hoy, en la Argentina las sanciones no están siendo aplicadas de manera consistente.

III. CAPÍTULO

6. CONCLUSIONES

Las tendencias actuales en el suministro de energía y su uso son manifiestamente insostenibles económica, ambiental y socialmente. Sin acciones determinantes, el aumento de la demanda de combustibles fósiles será mayor con consecuencias en la seguridad del suministro de energía y su relación con las emisiones de dióxido de carbono (CO2) equivalente, emisiones que se proyecta serán más del doble del porcentaje actual, para el año 2050. Podemos y debemos cambiar nuestro camino, pero esto supone una revolución energética con el protagonismo de las tecnologías de baja emisión de carbono para la producción de energía. Eficiencia energética, diversificación de las fuentes de energía renovable, captura de carbono y almacenamiento y nuevas tecnologías de transporte requerirán ser desplegadas si lo que se pretende es reducir los niveles de emisión de gases de efecto invernadero. Es indispensable que en este proceso de masificación, todos los principales países y sectores de la economía estén involucrados.

La complejidad física e institucional de los sistemas de electricidad hace que sea poco probable que el mercado por sí solo implemente las redes inteligentes en la escala que se necesita. Los Gobiernos, el sector privado, los consumidores y las organizaciones medioambientales deben trabajar juntos para definir las necesidades reales del sistema eléctrico y consolidar una solución transversalmente inteligente.

Las SG son una inversión para los países, que supone el uso más eficiente de la información que se recibe del sistema eléctrico, lo cual a su vez acarrea ahorros en los usuarios finales, esto gracias al consumo consciente e inteligente del recurso energético y es así como lo demuestran las experiencias pilotos en países alrededor del mundo. Las smart grids además cambiarán la manera en la que se hace el planeamiento de los sistemas eléctricos y de cómo son coordinadas las compras de energía en el mercado.

La información colectada a través de las SG, no solamente permitirá que los usuarios finales puedan manejar sus consumos, sino que además permitirá a los operadores del sistema, conocer y entender las necesidades de los usuarios.

El rol del Gobierno y del sector privado es frecuentemente incomprendido. Lo extenso y complejo de los sistemas eléctricos (tecnológicamente, regulatoriamente y desde la perspectiva del mercado), hace importante que la sociedad en general, incremente la necesidad de entender quién debe asumir cada rol esbozado y expuesto en este roadmap. Ni el Gobierno solo, ni el sector privado solo, pueden alcanzar las metas de modernización de las redes eléctricas. Es vital la colaboración intersectorial.

Este trabajo nos ha dejado un panorama claro sobre el estado actual del proceso de implementación de las tecnologías involucradas con las smart grids, en tres de los países más influyentes dentro del contexto latinoamericano.

Colombia, por su parte, evidencia que no está en cero en cuanto al desarrollo de smart grids, pues existen muchas iniciativas de varios sectores para comenzar trabajos de investigación y desarrollo, como es el caso de Colombia Inteligente, donde mediante un mapa de ruta ya se tienen objetivos y tiempos establecidos para avanzar en el tema.

No existe un solo mecanismo para que se pueda dar la implementación de smart grids en Colombia, sino que la unión de varios de ellos facilitará el camino para el éxito de las tecnologías asociadas a este concepto. Este éxito, dependerá además de la concientización que se logre con los usuarios finales.

En un país donde los recursos energéticos son tan buenos, es muy difícil adoptar este tipo de tecnologías. Para lograr la aceptación y sustentabilidad de este nuevo concepto, los beneficios a obtener deben estar enfocados en los ahorros y gestión de la energía, para que de esta manera resulte más atractivo a los consumidores; quienes esperan obtener ahorros energéticos tangibles y poder realizar gestión efectiva de la demanda.

Brasil por su parte, lleva adelante acciones concretas al respecto de las tecnologías que involucra el concepto de SG, concentradas esencialmente en los proyectos del programas de PD&I coordinado por ANEEL, en donde hay 178 proyectos de desarrollo, relacionados con 10 diferentes temáticas, totalizando una inversión que supera los R\$400 millones.

Los proyectos pilotos, hoy en desarrollo a lo largo de todo el territorio brasilero, buscan fomentar la creación de directivas de implementación de las SG y el desarrollo de arquitecturas conceptuales para la evaluación práctica de la interoperabilidad entre las diferentes tecnologías. El foco de estos proyectos ha sido la construcción de infraestructura de medición inteligente avanzada y la inserción de micro generadores a partir de fuentes renovables de energía, especialmente de la energía eólica o solar fotovoltaica.

La red eléctrica Argentina del futuro, requiere de un salto cualitativo, debido a la necesidad de administrar mejor los recursos energéticos, favorecer la protección del medioambiente y responder a los requerimientos cada vez más exigentes de calidad de servicio y producto. Asimismo es un objetivo importante para la Secretaría de Energía la inserción de energías renovables en pequeña escala, a efectos de lograr una mayor diversificación de la matriz energética, dar cumplimiento a los objetivos planteados en la Ley Nº 26.190 y reducir el consumo de combustibles fósiles que están siendo muy costosos para el Estado Nacional.

El análisis realizado, permite inferir que se encuentran dadas las condiciones técnicas para abordar en la Argentina la instalación de una red eléctrica más inteligente.

Por ello y dado a que las condiciones de la red eléctrica en Argentina permiten su instrumentación, se podrían experimentar aquellos caminos que han resultado exitosos en otros países.

Es claro que aún hay importantes desafíos por transitar; trazar una normativa adecuada sobre el tema, confeccionar una "hoja de ruta" y producir una recomposición tarifaria que promueva desarrollo e inversión en las SG, son algunos de ellos.

Podemos decir en definitiva que no habrá un solo concepto para smart grids en el mundo, sino que el concepto se debe ir adaptando al entorno donde se quiere implementar. En todos los países es diferente dependiendo de las problemáticas que se tengan y de aquellas que son prioritarias solucionar.

Sin embargo, podemos enumerar algunos pasos fundamentales, que consideramos después del análisis realizado, indispensables para la implementación exitosa de las smart grids en el contexto Latinoamericano.

7. RECOMENDACIONES

1. Elaboración de una hoja de ruta para la implementación de smart grids

Cada país debería elaborar una hoja de ruta nacional para el desarrollo y despliegue de tecnologías de smart grids, teniendo en cuenta las particularidades de cada uno en materia de política energética, estructura de mercado y reglamentación, prioridades de electrificación y condiciones de la red, entre otras.

2. Analizar planes de financiamiento para promover el despliegue de smart grids

Los gobiernos tienen un papel importante en el co-financiamiento de proyectos piloto que demuestren la aplicabilidad de tecnologías de smart grids de forma tal de reducir el nivel de riesgo de las inversiones.

Se podrían utilizar medidas financieras a nivel mundial relacionadas con el acceso a la electricidad, crear fondos públicos en los mercados de carbono o alentar a los países desarrollados a realizar inversiones en países en desarrollo con objeto de financiar la puesta en marcha de proyectos de smart grids.

3. Realizar estudios de viabilidad

No existe ningún estudio de viabilidad adecuado para todas las situaciones, es relativo el modelo a la situación real y presente de cada sistema y del contexto en el que se pretenda desarrollar el análisis. De cualquier forma, resulta aconsejable realizar estudios de investigación y desarrollo, definidos con base en la realidad de cada sistema y contexto específico, esto a fin de facilitar la elaboración de modelos financieros y tecnológicos nacionales y/o regionales. Lo que facilitaría el intercambio de enseñanzas entre países.

4. Incentivar la unificación de tecnologías y protocolos

El desarrollo y despliegue de tecnologías depende de la interoperabilidad tecnológica. Esto solo se puede conseguir si se alcanza un nivel adecuado de normalización y se adopta ampliamente. Dado que el actual procedimiento de normalización es muy extenso y presenta un alto grado de dispersión, es importante promover el uso de normas internacionales, en el marco del desarrollo y aplicación local de tecnologías de smart grids.

5. Aprovechar las capacidades y excelencias regionales

Realizar acuerdos entre empresas, universidades, desarrolladores de tecnologías y proveedores.

El desarrollo de las smart grids solo será posible si se dispone de las aptitudes profesionales necesarias: los recursos humanos con educación y formación en

ingeniería energética no son suficientes en la actualidad para garantizar la necesaria renovación de profesionales. La cuestión de las capacidades y conocimientos necesarios tiene que abordarse en el contexto de un enfoque multidisciplinario, en el que se integren todos los aspectos técnicos, sociales y de política energética pertinentes que implican los nuevos sistemas eléctricos basados en Smart grids. Apoyar nuevos programas de educación a través de universidades e instituciones es una cuestión clave.

6. Incentivar la capacitación permanente

Este aspecto es fundamental, con base en las nuevas normativas que se han dictado, nuevas tecnologías que aparecen, desde protocolos de comunicación hasta equipos para tele-comando y supervisión de los distintos componentes de la red, nuevas protecciones, nuevos medidores, nuevos sistemas de gestión de la demanda, entre otros.

7. Viabilizar la integración de aplicaciones pilotos

Los gobiernos deben impulsar el desarrollo de proyectos piloto. Deberían crearse modelos de obtención de ingresos y planes de incentivos para las empresas distribuidoras de energía con el objeto de alentar a las partes interesadas a invertir en smart grids, considerando los beneficios que estas inversiones conllevan.

8. Incentivar la elaboración de políticas públicas

Los gobiernos y los encargados de la formulación de políticas públicas deberían elaborar, publicar y diseminar una estrategia local que tenga en cuenta los objetivos de la seguridad del suministro energético, la mitigación del cambio climático, la competitividad de mercado, la reducción de las pérdidas y la accesibilidad y los costos de la electricidad.

Esta estrategia pública ayudaría considerablemente a aumentar el nivel de conciencia y compromiso de todas las partes interesadas con respecto al despliegue de las smart grids. Se debería considerar el concepto de las Smart grids como un medio para facilitar la reducción de las pérdidas técnicas y no técnicas, la incorporación de fuentes de energía renovables, infraestructura de medidores avanzados, entre otros.

9. Realizar análisis de costos de implementación y beneficios

Un importante apalancamiento económico para financiar el despliegue de las redes inteligentes lo podría representar la inclusión de las mismas en acuerdos internacionales sobre la protección del medio ambiente.

El despliegue de tecnologías de smart grids supone inversiones importantes. Las distintas partes interesadas deben tener una amplia perspectiva de los costos y beneficios en la situación específica de cada país, en función de las condiciones locales de las redes de energía y de las TIC, de la reglamentación y de la respuesta potencial de los clientes. Los costos de implementación por supuesto son particulares a cada escenario.

10. Elaborar un diagnóstico de situación y posibilidades de implementación estableciendo distintos escenarios

Esta propuesta está basada en que desde el desarrollo hasta la implementación de una red inteligente seguramente pasará un tiempo importante. Ante escenarios cambiantes, como suelen ocurrir en la región, motivados por distintas cuestiones, el proceso debería continuar independientemente de dichos cambios. De allí la importancia de establecer

distintos escenarios con vistas a una continuidad de la implementación, independiente de los cambios de gobierno y/o situaciones de crisis.

11. Analizar innovaciones tecnológicas necesarias del equipamiento asociado

El conocimiento del estado del equipamiento de las redes actuales y de las innovaciones tecnológicas que se requerirían para la implementación de las redes inteligentes no es un factor menor.

Se sabe que el estado de las redes de la región Latinoamericana requiere importantes inversiones debido al estado obsoleto en que se encuentran distintos componentes de la red. Un análisis de las innovaciones requeridas resulta "fundamental" para dar los siguientes pasos considerando que las actuales redes de distribución tienen solo una escasa capacidad de efectuar mediciones remotas y casi una nula posibilidad de redireccionar el flujo energético.

12. Adecuar aspectos regulatorios

Los aspectos regulatorios son fundamentales para el desarrollo de las redes inteligentes. Los reguladores deben, entre otras cuestiones: estimular la migración tecnológica, acotar y/o mitigar los riesgos, redefinir normas, dar señales económicas al mercado y estimular mediante normativas la eficiencia energética. La confección de aspectos regulatorios tampoco será una tarea menor frente al desafío que implican las smart grids, por lo cual seguramente las primeras normativas requerirán de posteriores ajustes.

13. Análisis de la seguridad informática

La seguridad es un punto muy importante durante todo el ciclo de vida de cualquier sistema: diseño, desarrollo, implementación, actualización, operación y mantenimiento. Para cada uno de estos momentos es imprescindible especificar las políticas de seguridad y los protocolos necesarios para asegurar la integridad del sistema. La seguridad de los datos está directamente relacionada con la privacidad, integridad y confiabilidad de los mismos.

La introducción de los medidores inteligentes y la habilitación de la bi-direccionalidad en la transmisión del flujo de información dejaron espacio al sistema para la invasión de la privacidad de los usuarios. Los datos recolectados sobre el consumo y eventual generación, pueden ser indicativos de los comportamientos y de las preferencias de los clientes.

14. Encuesta de expectativas de los usuarios y creación de conciencia

Saber que quieren los clientes o que esperan de las smart grids es algo que no puede dejarse de lado, dado que ellos jugarán un papel fundamental en la nueva red inteligente, lo que hace que su opinión deba ser considerada desde la etapa de diseño del sistema.

Será necesario realizar campañas de información y de sensibilización del usuario para que haya una plena comprensión de las oportunidades que representan las smart grids en lo que respecta a servicios innovadores, ahorro de energía, sostenibilidad y calidad del suministro.

15. Desarrollar y demostrar tecnologías de smart grids

Continuar seleccionando casos de prueba de mediana a gran escala para la demostración y despliegue de medidores inteligentes y automatización de redes, en forma que abarque un amplio espectro de situaciones en lo referente a reglamentación, condiciones sociales y de las redes eléctricas, del medio ambiente y otros aspectos involucrados, con objeto de demostrar y contextualizar las tecnologías, su integración y el potencial de reducción de pérdidas en las situaciones específicas de los países de América Latina.

La educación del consumidor acerca de los beneficios de los medidores inteligentes, las oportunidades de participación según la demanda, la generación distribuida y otras cuestiones, es esencial.

A nivel mundial se están llevando a cabo diferentes proyectos de investigación y es de importancia capital que las actividades necesarias para adaptarlos a la situación latinoamericana se realicen en estrecha relación con otros avances mundiales a fin de limitar las experiencias fallidas, tener en cuenta las peculiaridades locales y optimizar los gastos en general.

Las smart grids pueden significar grandes beneficios para países en vía de desarrollo como los nuestros. Capacidad de construcción, análisis objetivos y mapas de ruta, definidos de manera conjunta entre nuestros países, aceleraría los procesos de desarrollo de estas nuevas tecnologías y optimizaría las inversiones y sus costos de implementación.

Países en Europa como Alemania, Francia y España, son, en el mundo, un espejo claro del proceso de implementación de las SG. Vale la pena mirarlos con detenimiento y así, con el entendimiento profundo del contexto de nuestros países, ir en busca de redes eléctricas que nos permitan optimizar y gestionar los recursos, reducir las pérdidas e impactar de manera positiva, a nivel tecnológico, nuestro contexto energético latinoamericano.

8. BIBLIOGRAFÍA

ABRAVA. (2001).

Administration, E. I. (Mayo de 2008). Greenhouse Gasses, Climate Change, and Energy.

AMPLA . (2008).

ANEEL. (2008b).

ANEEL. (2009b).

ANEEL. (2010a).

ANEEL. (s.f.). Biomasa. En Atlas de Energía Eléctrica en Brasil (págs. 70-71).

Avella, D. J. (s.f.). http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf.

Bazilian, M. a. (2011). *Smart and Just Grids: Opportunities for Sub-Saharan Africa*. Londres: Imperial College London.

Bernardo, N. (2013). Evaluación de Gestión de Calidad de Servicio de Energía Eléctrica en Brasil. Rio de Janeiro.

Botero. (2013).

CERTIFICACIÓN., I. C. (2006). *Tecnologías de la Información. Técnicas de Seguridad. Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI)*. Obtenido de Requisitos. ISO/IEC.

CIDET. (s.f.). *Normatividad sobre Redes Inteligentes*. Obtenido de http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobr

CODENSA S.A. E.S.P. (2013). *Mmemoria Anual y Estados Financieros*.

ENARSA. (s.f.). *Energia Argentina S.A.* Obtenido de http://www.enarsa.com.ar/index.php/es/energiasrenovables/393-biomasa-y-biocombustibles

Endesa. (2010). Introducción a la Generación Distribuida.

Energía, Ministerio de Minas y. (2003). Projetos fotovoltaicos coordenados pelo Prodeem/MME.

EPM (Empresas Públicas de Medellín). (s.f.). Obtenido de http://www.epm.com.co/site/Home/Saladeprensa/Noticiasynovedades/EPMhaceotraapu estaporlamovilidadsostenible.aspx

GAO (United States Government Accountability). (2011). Electricity Grid Modernisation: Progress Being Made on Cybersecurity Guidelines, but Key Challenges Remain to be Addressed.

GE Energy. (2009). El sector de la energía , como ya se ha descrito en la introducción , implica una serie de.

http://www.amsc.com/. (s.f.).

http://www.sei.cmu.edu/smartgrid/index.cfm. (s.f.).

http://www.smartgrids.eu. (s.f.).

ICONTEC, I. C. (2013). *COMITES TECNICOS DE NORMALIZACIÓN*. Obtenido de https://ssio.icontec.org.co/igsiofaseiii/Normalizacion/default.aspx.

Intenational Energy Agency . (2011).

International Energy Agency. (2010). *Energy Technology Perspectives: Scenarios & strategies to 2050.* Obtenido de https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf

J. Sáenz, J. S. (2012). REDES INTELIGENTES. ESTADO ACTUAL Y SU INFLUENCIA EN EL APROVECHAMIENTO DE LAS. *Observatorio de Energía y Sustentabilidad (O.E.S.)*, 5.

Janson, C. G. (2011). Perspectivas sobre la generación distribuida mediante energías renovables en America Latina y el Caribe. Santo Domingo: BID.

Leite, A. L. (2011).

Medina, O. (s.f.). Redes Inteligente ¿ Realidad, Utopía o Futuro?

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). Obtenido de www.minminas.gov.co

Naranjo, F. (2011). "Pérdidas por robo de energía ascienden a 130.000 millones". Obtenido de http://www.portafolio.co/negocios/perdidas-robo-energia-ascienden-130000-millones

Natural Resources Defense Council. (2004). "Safe, Strong and Secure: Reducing.

Perez, J. D. (s.f.). Pertenencia de la evaluación tecnológica para la implementación de redes inteligentes en Colombia.

Proyecto Piloto de MOVilidad ELEctrica: MOVELE. Departamento de Transporte.

Revista Portafolio.co. (27 de Agosto de 2014). Colombia le apuesta fuerte a las energías renovables. *Portafolio.co*.

Román, T. G. (2008-2009). Regulation of Energy Utilities . *Training Course*, (pág. Module 10A "eLECTRICITY DISTRIBUTION").

Ruckelshaus, W. D. (1987). Hacia un mundo Sustentable.

Sandy M. FORTICH, A. E. (2013). Requerimientos de Infraestructura para Implementación de . *Kosmos*.

Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable de la nación. (s.f.). Obtenido de http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1278

Sierra, A. P. (2012). Reflexiones sobre la implementación de redes inteligentes en el MEM.

Toledo, G. &. (2012).

US Department of Energy. (s.f.). "The Smart Grid: An Introduction".

Ventosa, M. (2003). Economía del sector Eléctrico. Fundamentos Económicos de la Regulación y Modelos de Mercado.

Zagorodny, D. J. (2012). Argentina necesita Leyes de Vehículos Eléctricos. Buenos Aires.